

Konstruktion

Prof. Dr.-Ing. Martin Bothen

SS 2021



TH Aschaffenburg
university of applied sciences

Phase III: Entwerfen

VDI-Richtlinie 2221 - „*Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*“

- **Phase III: Entwerfen**
 - Grundsätzliches Vorgehen
 - Grundregeln zur Gestaltung: eindeutig, einfach, sicher
 - Gestaltungsprinzipien
 - Gestaltungsrichtlinien
 - Qualitätssicherung beim Entwerfen



Gestaltungsrichtlinien

- (1) Ausdehnungsgerecht
- (2) Kriech- und Relaxationsgerecht
- (3) Korrosionsgerecht
- (4) Ergonomiegerecht
- (5) Formgebungsgerecht
- (6) Fertigungsgerecht
- (7) Montagegerecht
- (8) Normgerecht
- (9) Recyclinggerecht

Phase III: Entwerfen

- **Phase III: Entwerfen**
 - **Gestaltungsrichtlinien**
 - **Ausdehnungsgerecht**
 - Kriech- und Relaxationsgerecht
 - Korrosionsgerecht
 - Ergonomiegerecht
 - Formgebungsgerecht
 - Fertigungsgerecht
 - Montagegerecht
 - Normgerecht
 - Recyclinggerecht

Ausdehnungsgerecht

Thermische und mechanisch bedingte Ausdehnungen

Jedes Bauteil muss in seiner Lage eindeutig festgelegt werden und darf nur so viele Freiheitsgrade erhalten, wie es zur ordnungsgemäßen Funktionserfüllung benötigt

Relativausdehnung zwischen Bauteilen

- Stationäre Relativausdehnung
 - Angleichen der Temperaturen
 - Anpassen mittels Wahl von Werkstoffen
- Instationäre Relativausdehnung
 - Aufheizen
 - Abkühlen

Mittlere Längenausdehnungszahl für verschiedene Werkstoffe

$$\Delta l = \beta \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

$$l_0 = 1000 \text{ mm}$$

$$\Delta T = 80 \text{ K}$$

$$\beta_{(\text{Invar})} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

$$\Delta l_{(\text{Invar})} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\beta_{(\text{Stahl})} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

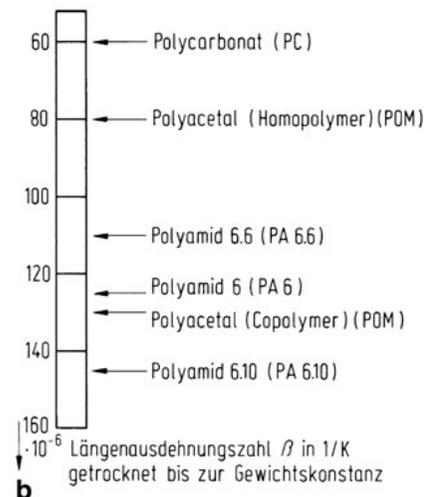
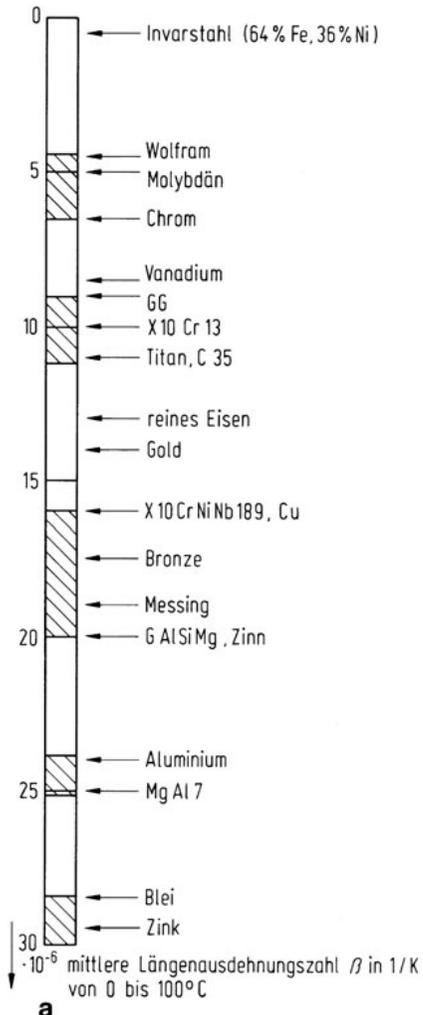
$$\Delta l_{(\text{Stahl})} = 1 \text{ mm}$$

$$\beta_{(\text{Alu})} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

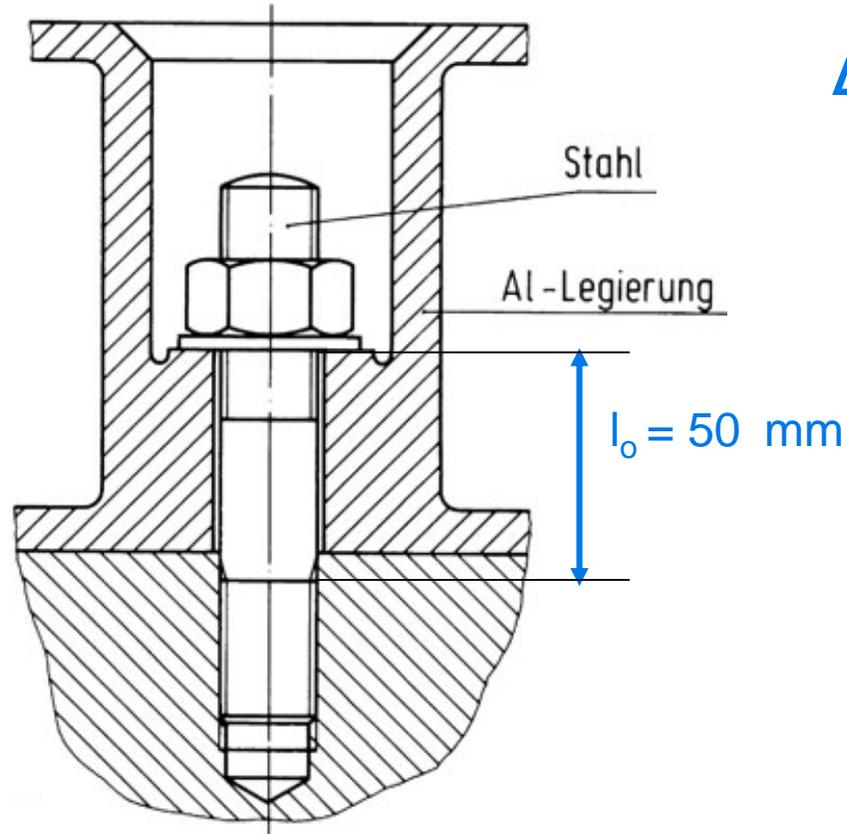
$$\Delta l_{(\text{Alu})} = 2 \text{ mm}$$

$$\beta_{(\text{PA } 6)} = 125 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

$$\Delta l_{(\text{PA } 6)} = 10 \text{ mm}$$



Verbindung mittels Stahlschraube und Aluminiumflansch



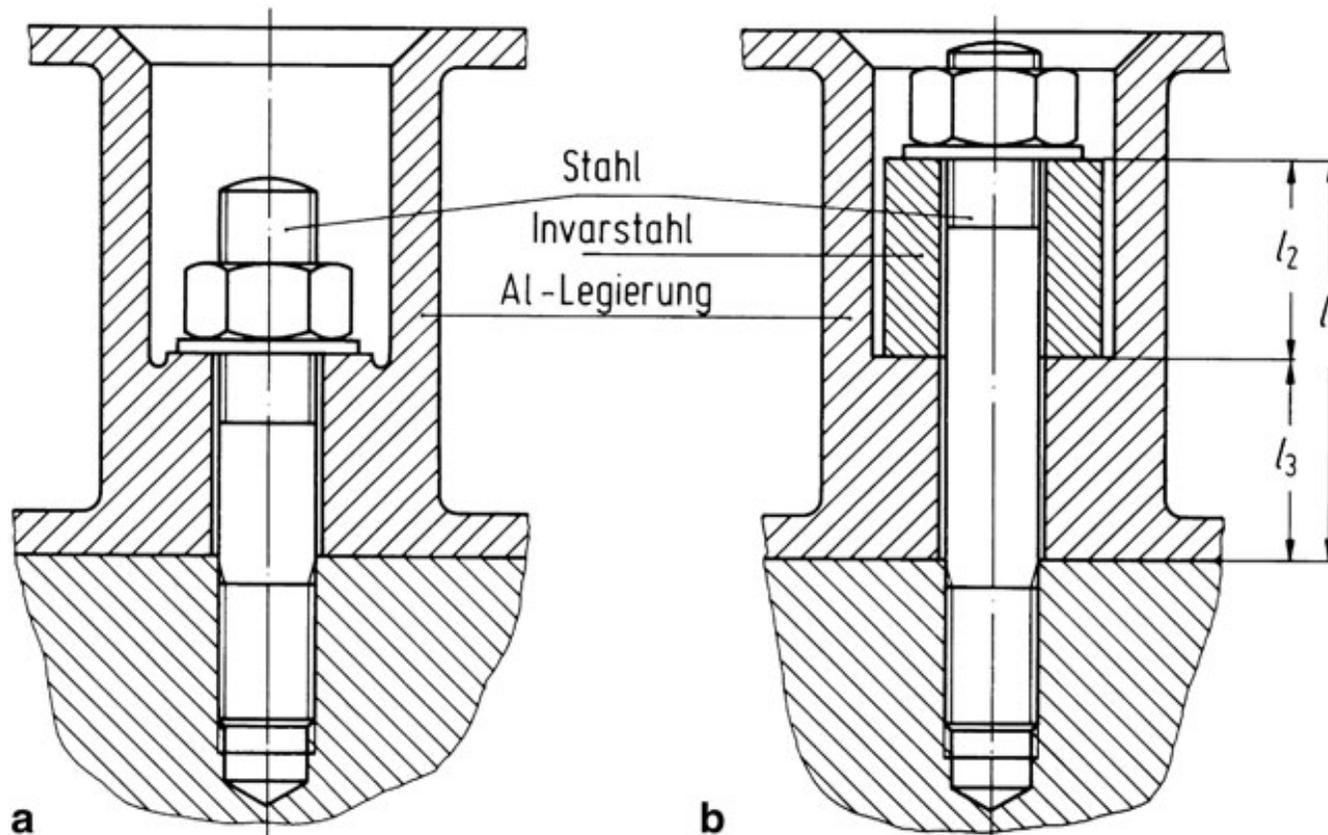
$$\Delta l = \beta \cdot l_o \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = 80 \text{ K}$$

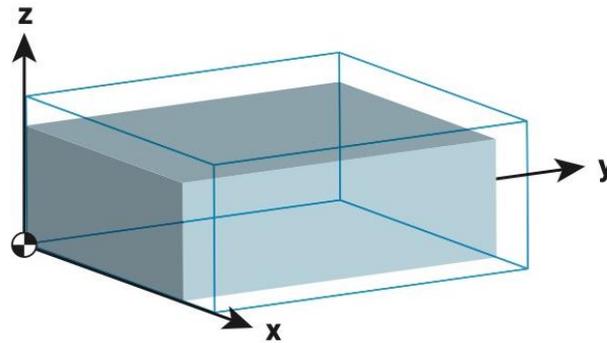
$$\Delta l_{(\text{Stahl})} = 0,05 \text{ mm}$$

$$\Delta l_{(\text{Alu})} = 0,1 \text{ mm}$$

Verbindung mittels Stahlschraube und Aluminiumflansch

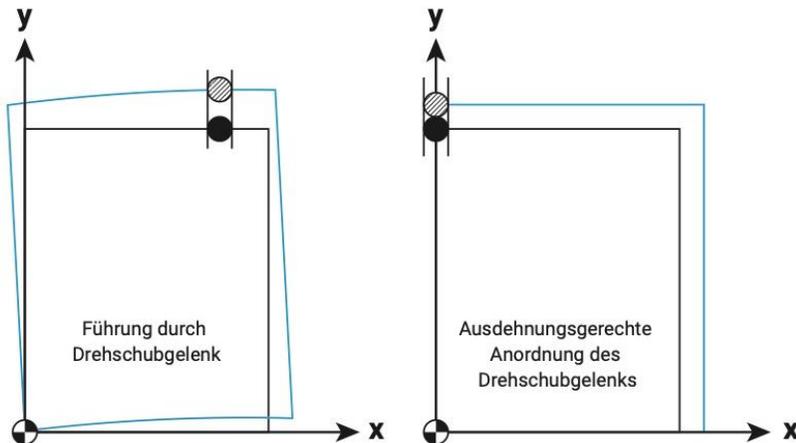


Wärmeausdehnung eines fest eingespannten Werkstücks

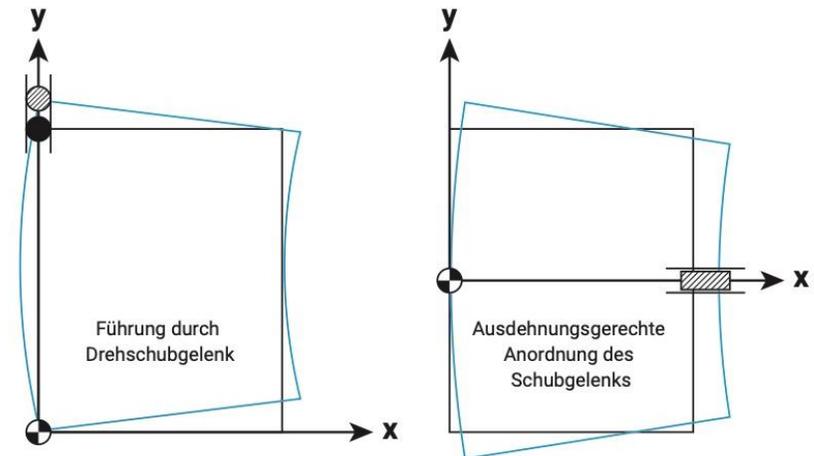


Einspannung im Drehgelenk um z-Achse (1 Freiheitsgrad)

Ausdehnung eines Körpers bei lokal gleicher Temperaturverteilung (0 Freiheitsgrade)



Ausdehnung eines Körpers bei lokal veränderlicher Temperaturverteilung (0 Freiheitsgrade)



Phase III: Entwerfen

- **Phase III: Entwerfen**
 - **Gestaltungsrichtlinien**
 - Ausdehnungsgerecht
 - **Kriech- und Relaxationsgerecht**
 - Korrosionsgerecht
 - Ergonomiegerecht
 - Formgebungsgerecht
 - Fertigungsgerecht
 - Montagegerecht
 - Normgerecht
 - Recyclinggerecht



Kriech- und relaxationsgerecht

Kriechen

- Kriechen = f (Beanspruchung, Temperatur, Zeit)
- relative Längenänderung

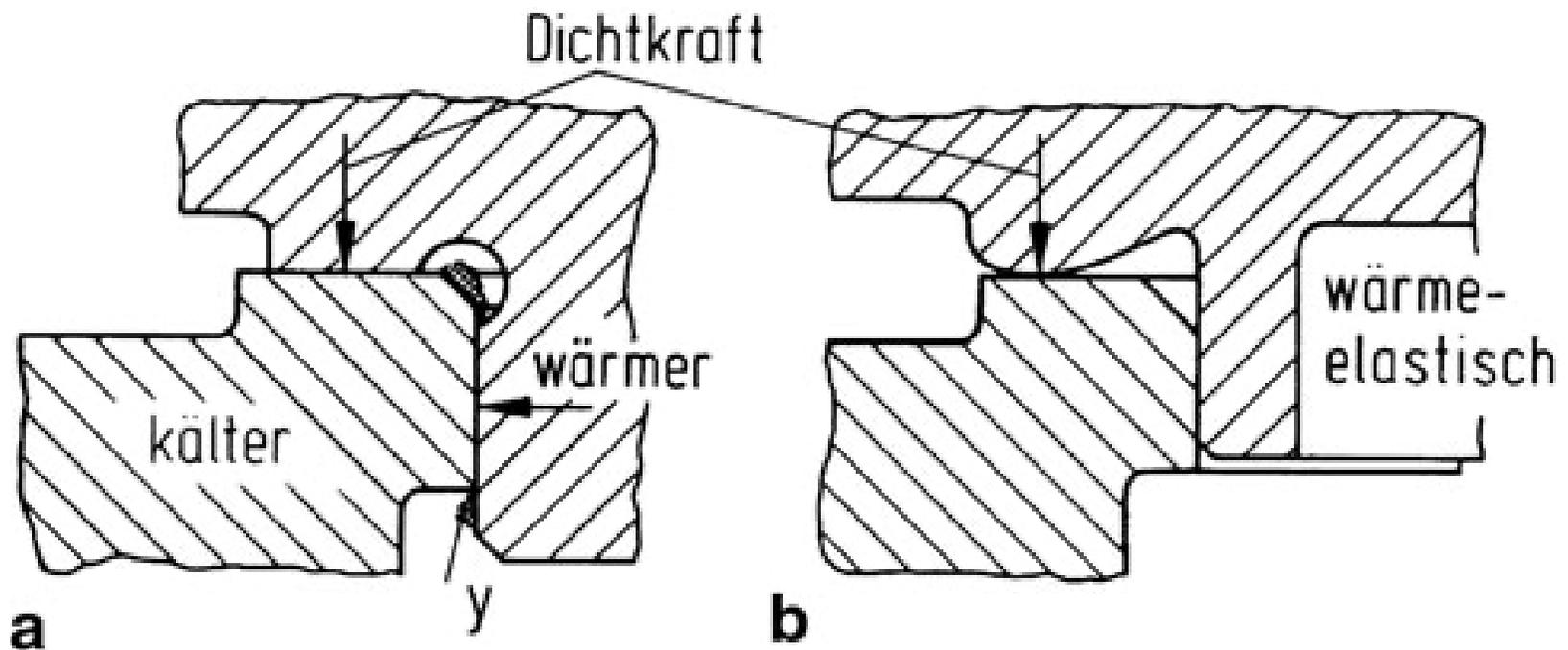
Relaxation

- Elastische Dehnungsabnahme bei konstanter Gesamtdehnung.
- Vorspannkraft sinkt

Konstruktive Maßnahmen

- Hohe elastische Dehnungsreserve
- Isolation oder Bauteilkühlung
- Vermeiden von Massenanhäufungen
- Werkstoff darf nicht in unerwünschte Richtungen kriechen

Zentrierung und Dichtung eines Flanschdeckels



Phase III: Entwerfen

- **Phase III: Entwerfen**
 - **Gestaltungsrichtlinien**
 - Ausdehnungsgerecht
 - Kriech- und Relaxationsgerecht
 - **Korrosionsgerecht**
 - Ergonomiegerecht
 - Formgebungsgerecht
 - Fertigungsgerecht
 - Montagegerecht
 - Normgerecht
 - Recyclinggerecht

Korrosionsgerecht

- ❖ Ebenmäßig abtragende Korrosion -> Taupunktunterschreitung, Feuchtigkeit

Maßnahmen

- Waddickenzuschlag
- Kleine und glatte Oberflächen
- Keine Feuchtigkeitssammelstellen

- ❖ Lokal angreifende Korrosion -> Kerbwirkung

Maßnahmen

- Spaltkorrosion: Spalte verhindern, abdichten oder stark verbreitern
- Kontaktkorrosion: Metallkombinationen mit geringen Potentialunterschieden
Opferanoden vorsehen
- Schwingungsrisskorrosion: Wechselbeanspruchung klein halten,
Druckvorspannung (Kugelstrahlen), Oberflächenschutz

- ❖ Selektive Korrosion -> Kristallite in einem Legierungsgefüge

Korrosionsarten geordnet nach prinzipiellen Erscheinungen

Korrosion freier Oberflächen

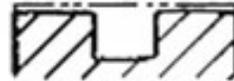
Gleichmäßige,
Flächenkorrosion



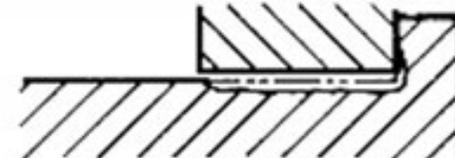
Mulden-
korrosion



Loch-
korrosion

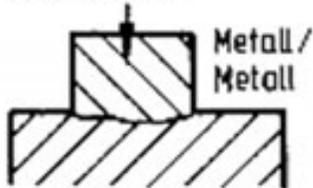


Spaltkorrosion

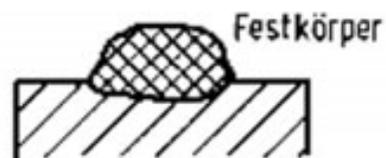


Berührungsabhängige Korrosion

Kontakt
korrosion



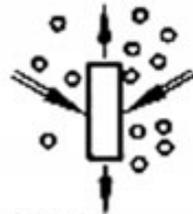
Ablagerungs-
korrosion



Korrosionsarten geordnet nach prinzipiellen Erscheinungen

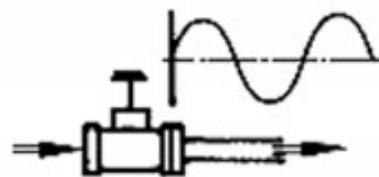
Beanspruchungsabhängige Korrosion

Spannungsrissskorrosion



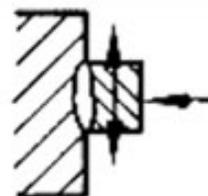
ruhende
Zugbeanspruchung

Schwingungsrissskorrosion



wechselnde
Beanspruchung

Reibkorrosion



Flächenpressung
mit Mikrobewegung

Erosionskorrosion



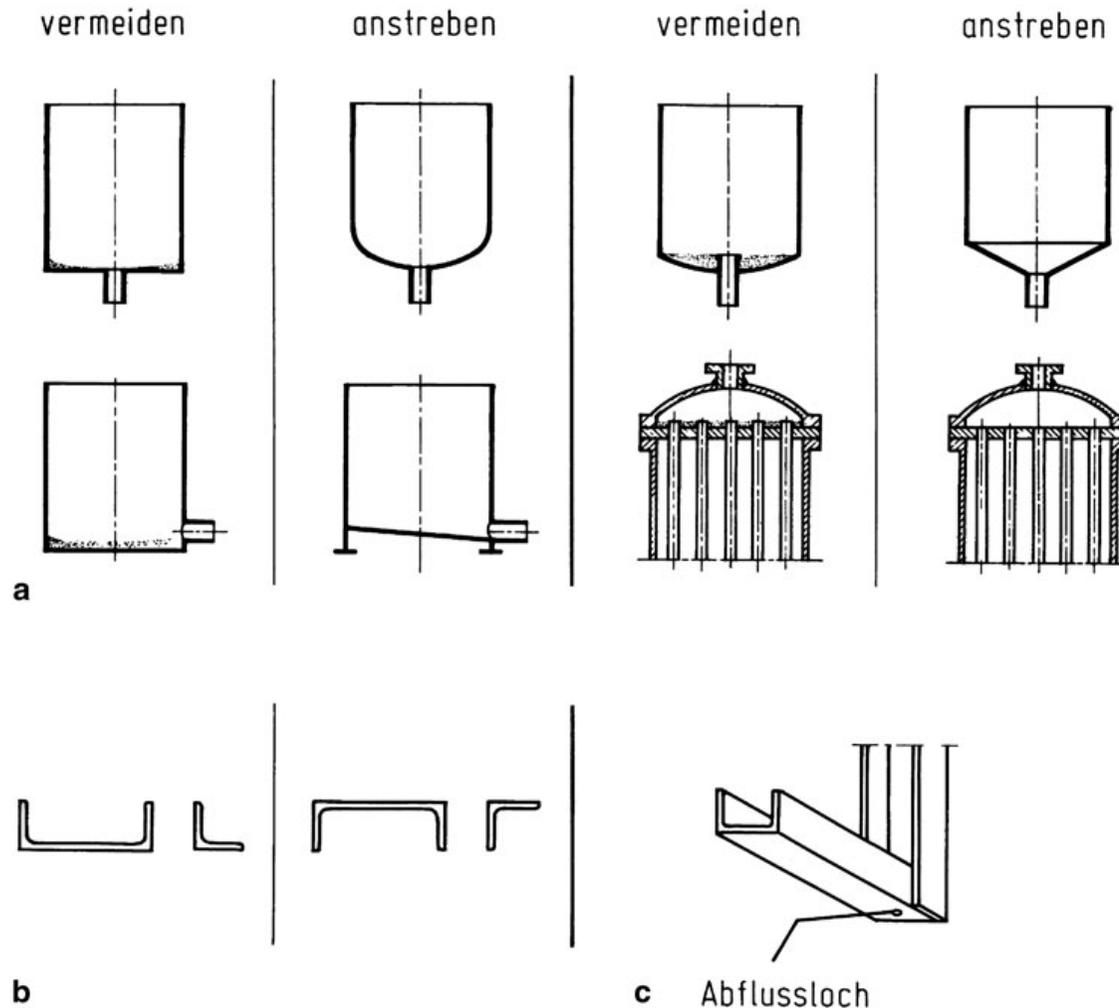
Strömungs-
reibbeanspruchung

Kavitationskorrosion

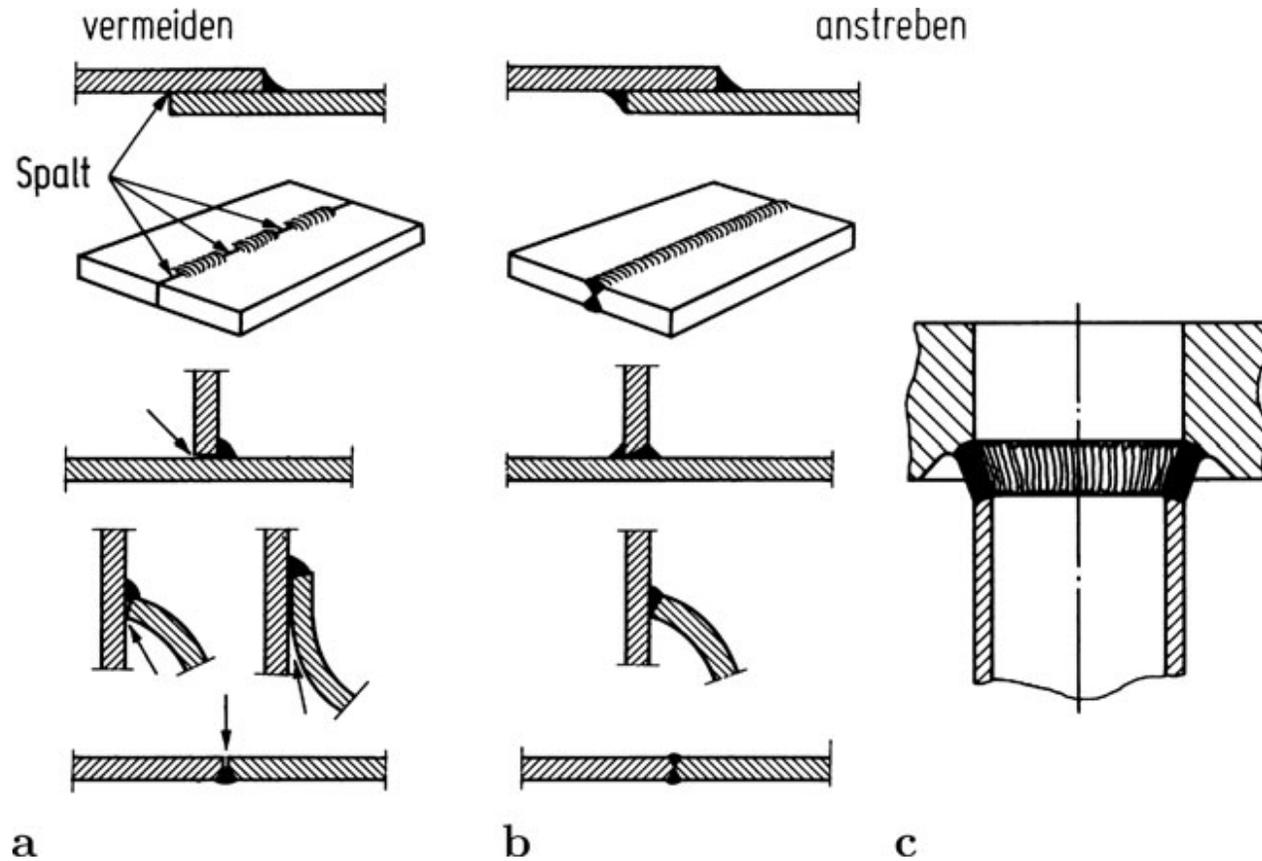


örtliche
Druckbeanspruchung
mit Implosion

Flüssigkeitsabfluss bei korrosionsbeanspruchten Bauteilen



Beispiele von Schweißverbindungen



Phase III: Entwerfen

- **Phase III: Entwerfen**
 - **Gestaltungsrichtlinien**
 - Ausdehnungsgerecht
 - Kriech- und Relaxationsgerecht
 - Korrosionsgerecht
 - **Ergonomiegerecht**
 - Formgebungsgerecht
 - Fertigungsgerecht
 - Montagegerecht
 - Normgerecht
 - Recyclinggerecht

Ergonomiegerecht

- ❖ Anpassung des technischen Erzeugnisses an den Menschen, auf körpergerechte Bedienung und Handhabung achten
 - Körperhaltungen, -bewegungen, -maße, -kräfte
 - besser dynamische als statische Muskelarbeit
 - Beleuchtung und Lüftung am Arbeitsplatz vorsehen
 - Gezielte Aufmerksamkeitsführung durch Anordnung von Anzeigen und Kennzeichnungen an technischen Erzeugnissen
 - Überwachungs- und Steuertätigkeiten installieren
 - Lärmreduzierung

Ergonomiegerecht

Ergonomische Gesichtspunkte für die Anforderungsliste und für Bewertungskriterien

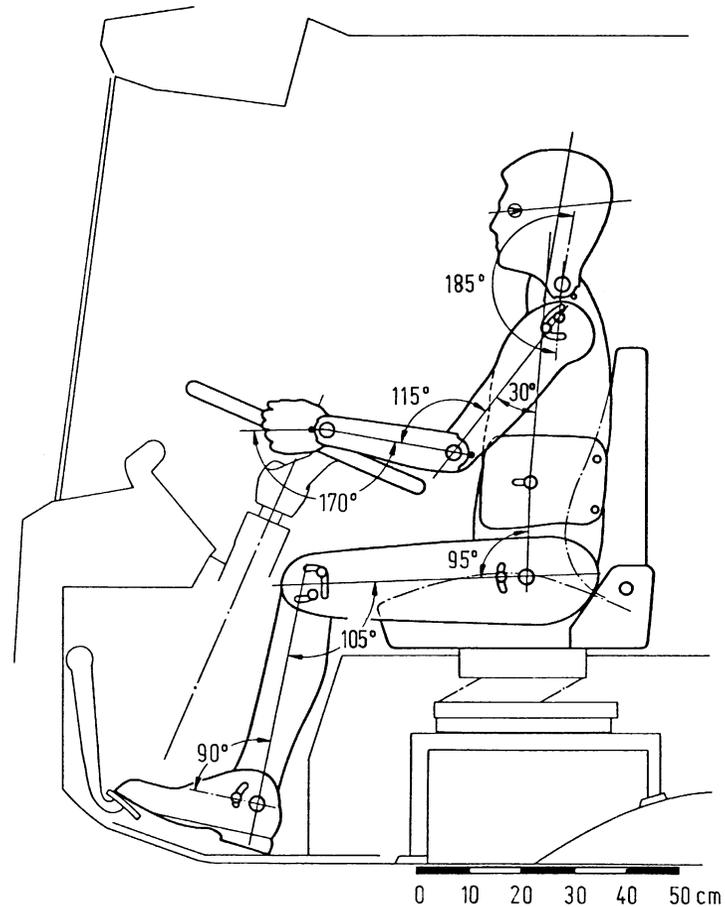
❖ Aktiver menschlicher Beitrag

- Ist der menschliche Einsatz notwendig oder erwünscht?
- Kann der Mensch wirksam sein?
- Ist seine Mitwirkung einfach möglich?
- Wird er hinreichend genau und zuverlässig mitwirken können?
- Ist die Tätigkeit eindeutig und sinnfällig?
- Wird die Tätigkeit erlernbar sein?

❖ Passive Betroffenheit

- Besteht eine erträgliche Beanspruchung für den Menschen?
- Ist Monotonie vermieden und lässt die Arbeit eine Entfaltungsmöglichkeit zu?
- Wird Verletzungsgefahr und Gesundheitsschädigung vermieden?

Anwendung von Körperumriss-Schablonen zur Beurteilung der Sitzhaltung



Phase III: Entwerfen

- **Phase III: Entwerfen**
 - **Gestaltungsrichtlinien**
 - Ausdehnungsgerecht
 - Kriech- und Relaxationsgerecht
 - Korrosionsgerecht
 - Ergonomiegerecht
 - **Formgebungsgerecht**
 - Fertigungsgerecht
 - Montagegerecht
 - Normgerecht
 - Recyclinggerecht

Formgebungsgerecht (Design)

Zielrichtung des Designers ist es, ein Erzeugnis zu schaffen, das den Menschen anspricht ... und zum Kauf anregt. Nur möglich wenn Designer und Konstrukteur zusammenarbeiten.

Die äußere Form sollte besondere Regeln folgen

- kompakt
- übersichtlich
- einfach
- einheitlich
- funktionsgerecht
- werkstoffgerecht
- fertigungsgerecht

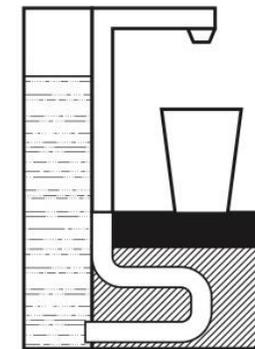
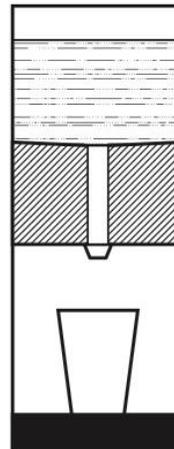
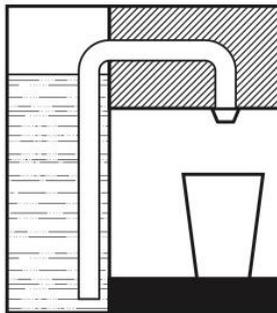
Richtige Bedienung und zweckmäßiger Gebrauch durch Kennzeichen unterstützen

- erkennbare Bedienelemente, funktionsmäßig sinnfällige Anordnung
- ergonomische Gestaltung, Aktionsradius von Händen und Beinen beachten
- Kennzeichnung von Griff- und Trittflächen
- Erkennbarkeit des Betriebszustandes
- Verwendung von Sicherheitskennzeichnung und Sicherheitsfarben

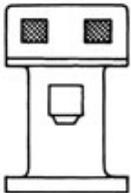
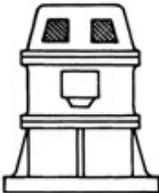
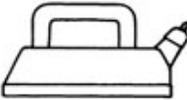
Systematische Variation des Aufbaus (Struktur) von automatischen Teemaschinen

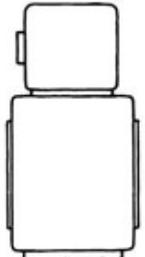
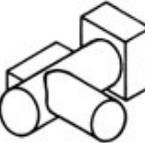
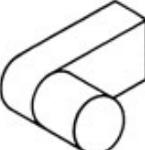
Systematische Variationen

Wasserreservoir, Brüheinheit und Auffangbehälter in verschiedenen Konstellationen

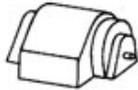
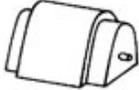
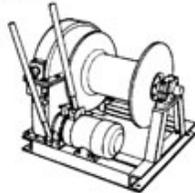
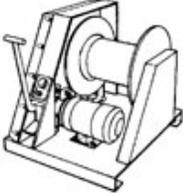
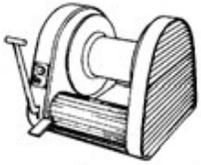


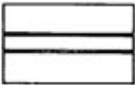
Gestaltungsrichtlinien zur Formgebung: Ausdruck und Struktur

Gestaltungsrichtlinien	nicht formgebungsgerecht	formgebungsgerecht
Wählen eines bestimmten Ausdrucks		
Vermitteln eines beabsichtigten, erkennbaren Ausdrucks	Drehstrommotor, vertikal :  instabil, kopflastig	 stabil, sicherstehend
	Bügeleisen :  schwer, unbeweglich	 leicht, handlich

Strukturieren der gesamten Form		
Anordnen in bezeichner Weise	Vakuum - Pumpe  nicht bezeichnenbar	 Kasten - Form
Gliedern in klar abgrenzbare Bereiche	Steuerungsgerät  Anhäufung , nicht bezeichnenbar	 klar gegliedert , L-Form

Gestaltungsrichtlinien zur Formgebung: Vereinheitlichung von Formen

Gestaltungsrichtlinien	nicht formgebungsgerecht	formgebungsgerecht
Vereinheitlichen der Formen		
Verwenden von wenigen Formvarianten	Generator 	
	Seilwinde 	 offene Bauweise  geschlossene Bauweise

Anstreben ähnlicher Formen und Konturen	Lager 	
Anpassen der Linienführung	Klimagerät  verwirrend, wenig homogen	 blockartige Form  gestreckte Form

Phase III: Entwerfen

- **Phase III: Entwerfen**
 - **Gestaltungsrichtlinien**
 - Ausdehnungsgerecht
 - Kriech- und Relaxationsgerecht
 - Korrosionsgerecht
 - Ergonomiegerecht
 - Formgebungsgerecht
 - **Fertigungsgerecht**
 - Montagegerecht
 - Normgerecht
 - Recyclinggerecht

Fertigungsgerecht

Einteilung nach Baustruktur

❖ Differentialbauweise

- Auflösung eines Einzelteils in mehrere fertigungstechnisch günstige Werkstücke

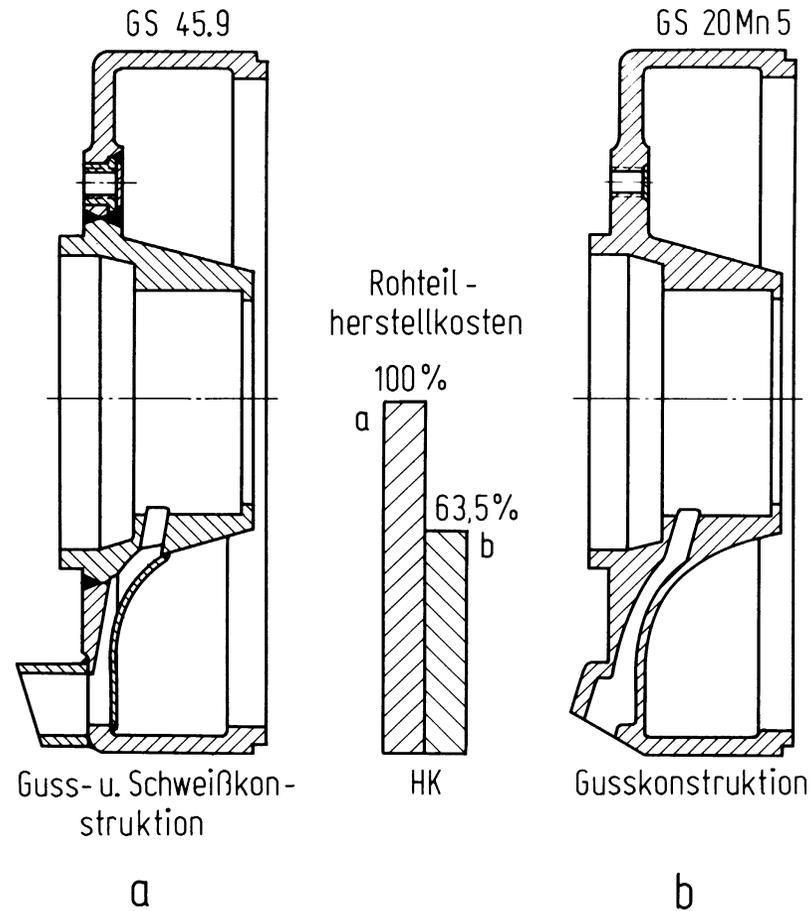
❖ Integralbauweise

- Vereinigen mehrerer Einzelteile zu einem Werkstück (Guß- statt Schweißkonstruktion)

❖ Verbundbauweise

- unlösbare Verbindung mehrerer unterschiedlich gefertigter Rohteile zu einem weiter zu bearbeitenden Werkstück
- Verbindung urgeformter und umgeformter Teile
- gleichzeitige Anwendung mehrerer Fügeverfahren und die Kombination mehrerer Werkstoffe

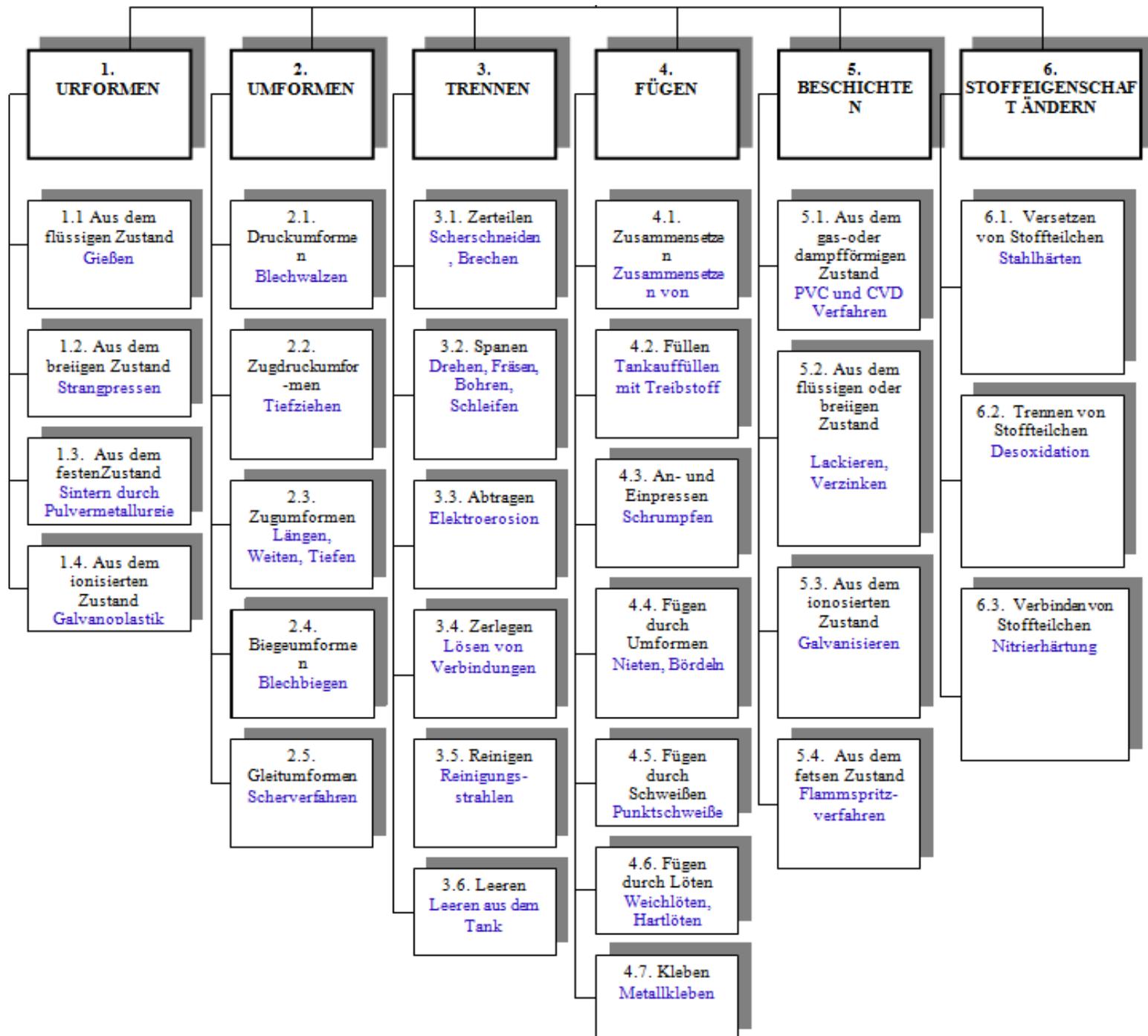
Lagerschild eines Elektromotors (Werkbild Siemens)



Einteilung Fertigungsverfahren nach DIN 8580

Hauptgruppen

- 1 **Urformen:** Fertigen eines Körpers aus formlosen Stoff durch Schaffen des Zusammenhaltes
- 2 **Umformen:** Fertigen durch plastisches Ändern der Form eines festen Körpers. Masse und Zusammenhalt werden beibehalten
- 3 **Trennen:** Fertigen durch Ändern des Form eines festen Körpers, wobei der Zusammenhalt örtlich aufgehoben wird
- 4 **Fügen:** Zusammenbringen von zwei oder mehr Werkstücken geometrisch bestimmter Form
- 5 **Beschichten:** Aufbringen einer fest haftenden Schicht aus formlosem Stoff auf ein Werkstück
- 6 **Stoffeigenschaften ändern:** Fertigen eines festen Körpers durch Umlagern, Sondern oder Einbringen von Stoffteilen ohne eine gewollte Formänderung



Fertigungsgerecht

Fertigungsgerechte Werkstückgestaltung

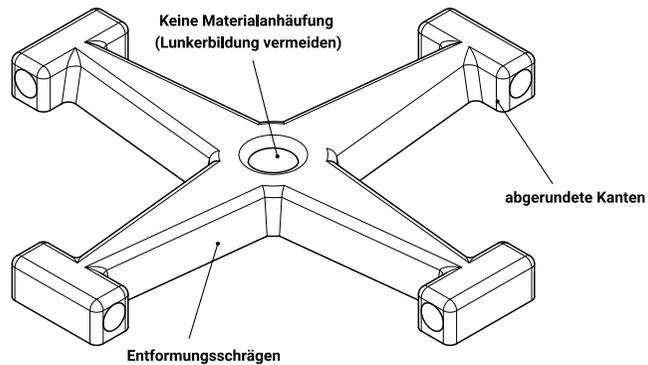
- Fertigungsaufwand verringern und Qualität verbessern

Gestaltungshinweise:

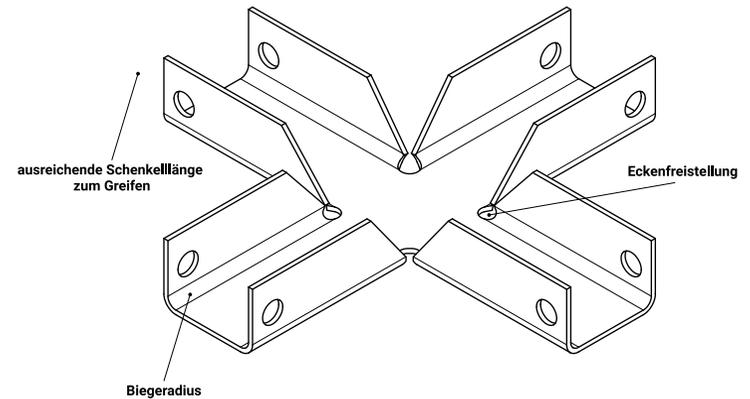
- Urformgerecht
- Umformgerecht
- Trenngerecht
- Fügegerecht
- Werkzeuggerecht
- Spanngerecht

Gestaltungsrichtlinie Fertigungsgerecht

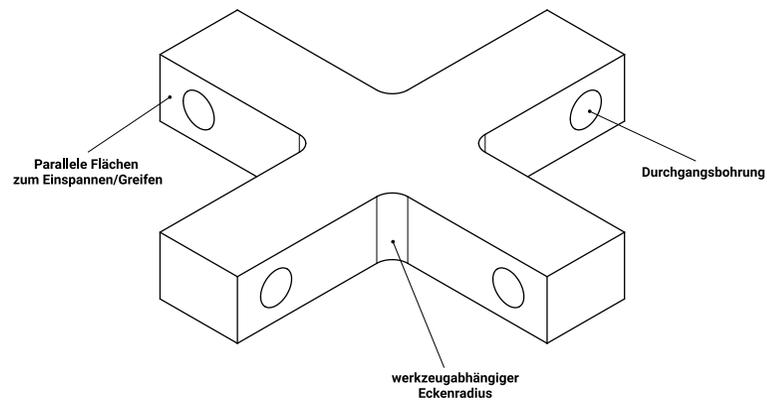
Urformen: Gießen



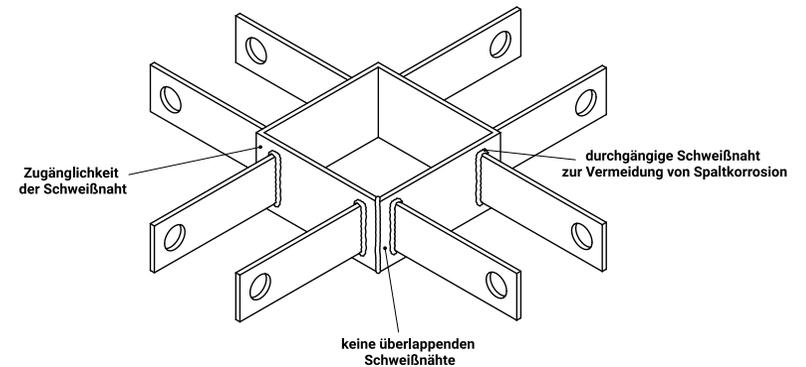
Umformen: Biegen



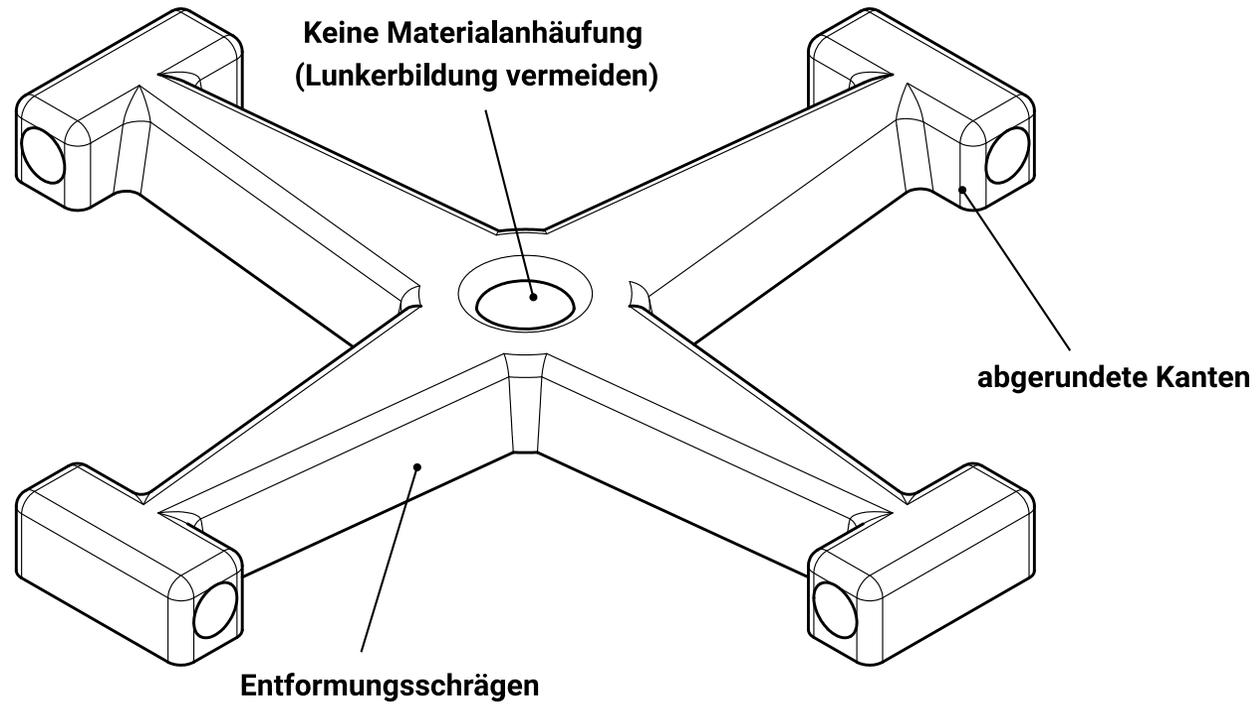
Trennen: Fräsen



Fügen: Schweißen

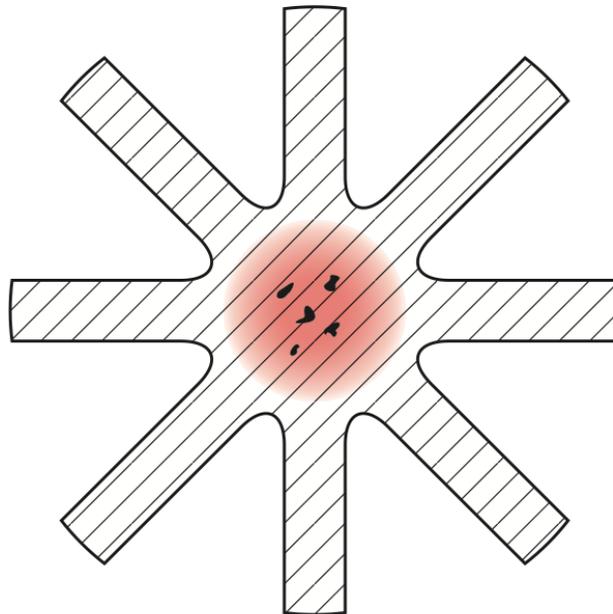


Gestaltungsrichtlinie: Urformen

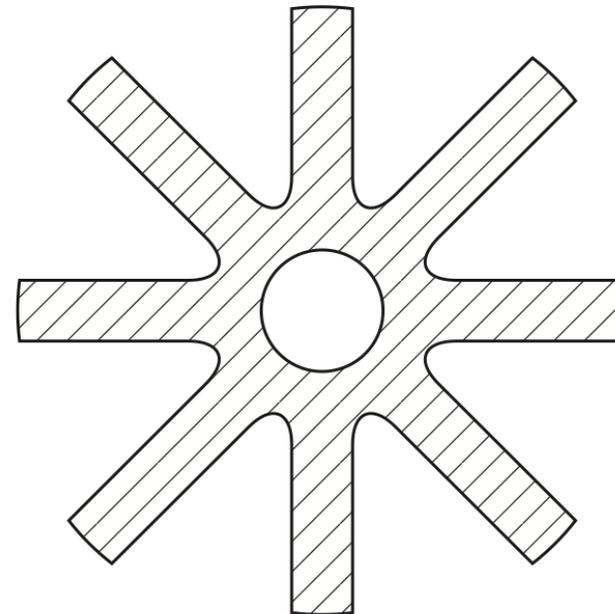


Gestaltungsrichtlinien: Fertigungsgerechtes Gießen

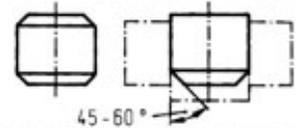
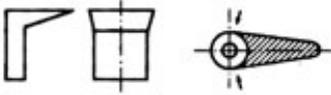
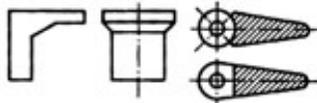
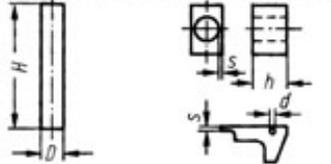
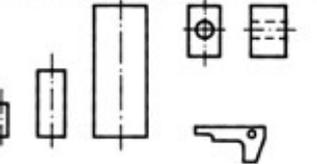
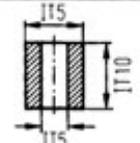
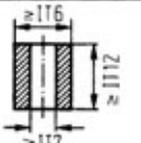
nicht fertigungsgerecht
Lunkerbildung aufgrund
ungleichmäßiger Wanddicken möglich



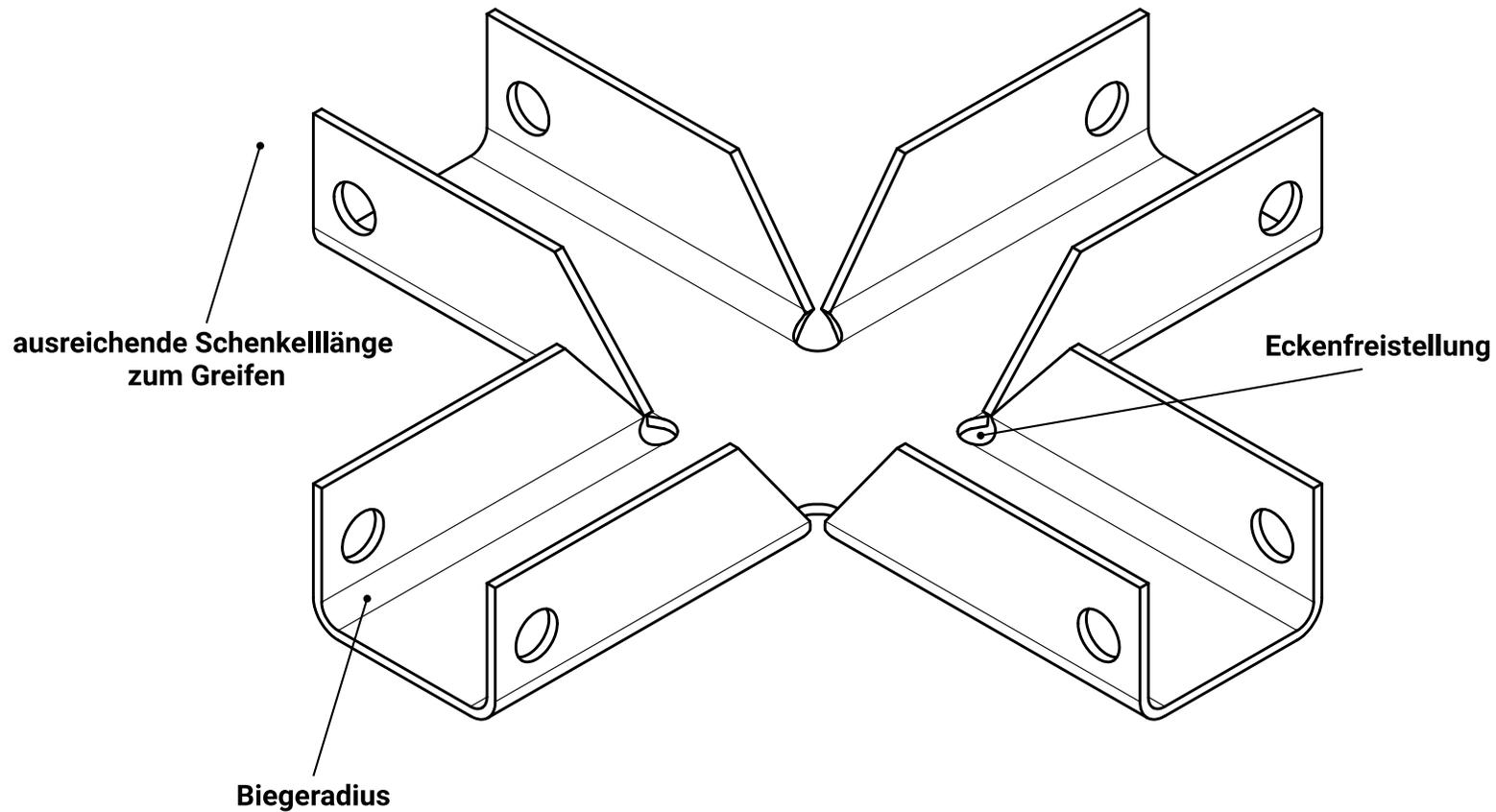
fertigungsgerecht
Anstreben gleichmäßiger Wanddicken



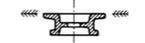
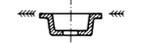
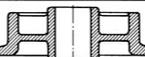
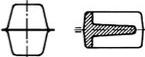
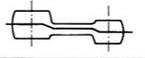
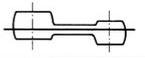
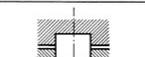
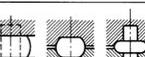
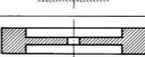
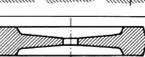
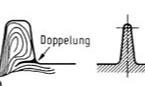
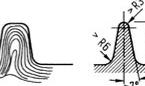
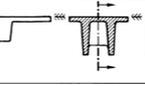
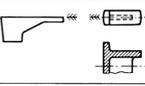
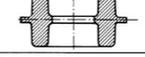
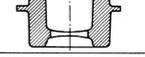
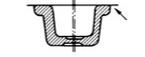
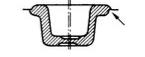
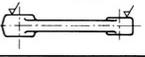
Gestaltungsrichtlinien: Fertigungsgerechtes Sintern

Verf.	Gestaltungsrichtlinien	Ziel	nicht fertigungsgerecht	fertigungsgerecht
We	Vermeiden von Abrundungen und spitzen Winkeln am Werkzeug.	A Q		
Si	Vermeiden scharfer Kanten, spitzer Winkel und tangentialer Übergänge.	Q		
Si	Einhalten von Abmessungsgrenzen und -verhältnissen: Höhe H /Breite $D < 2,5$; Wanddicken $s > 2$ mm; Bohrungen $d > 2$ mm.	Q		
Si	Vermeiden feinverzahnter Rändelungen und Profile.	Q		
Si	Vermeiden zu kleiner Toleranzen.	Q		

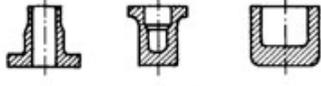
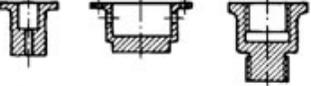
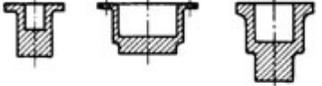
Gestaltungsrichtlinie: Umformen



Gestaltungsrichtlinien: Fertigungsgerechtes Gesenkschmieden

Verf.	Gestaltungsrichtlinien	Ziel	nicht fertigungsgerecht	fertigungsgerecht
We	Vermeiden von Unterschneidungen.	A		
We	Vorsehen von Aushebeschränken (DIN 7523, Bl. 3)	A		
We	Anstreben von Teilfugen in etwa halber Höhe senkrecht zur kleinsten Höhe.	A		
We	Vermeiden geknickter Teilfugen (Gratnähte).	A Q		
We Sm	Anstreben einfacher, möglichst rotationssymmetrischer Teile. Vermeiden stark hervorspringender Teile.	A		
Sm	Anstreben von Formen, wie sie bei freier Stauchung entstehen, Anpassen an Fertigung bei großen Stückzahlen.	A Q		
Sm	Vermeiden zu dünner Böden.	Q		
Sm	Vorsehen großer Rundungen (DIN 7523). Vermeiden zu schlanker Rippen, von Hohlkehlen und zu kleinen Löchern.	Q		
Sm	Vermeiden schroffer Querschnittsübergänge und zu tief ins Gesenk ragender Querschnittsformen.	Q		
Sm	Versetzen von Teilfugen bei napfförmigen Teilen großer Tiefe.	Q		
Be	Anordnen der Teilfuge so, dass Versatz leicht erkennbar und Entfernen der Gratnaht leicht möglich ist.	A		
Be	Hervorheben von zu bearbeitenden Flächen	Q		

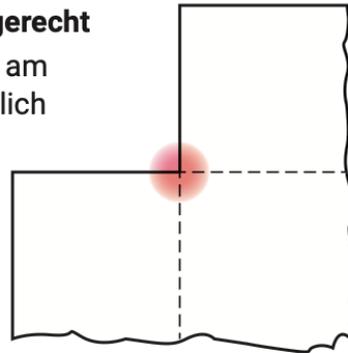
Gestaltungsrichtlinien: Fertigungsgerechtes Kaltfließpressen

Verf.	Gestaltungsrichtlinien	Ziel	nicht fertigungsgerecht	fertigungsgerecht
We Fl	Vermeiden von Unterschneidungen.	Q A		
Fl	Vermeiden von Seitenschrägen und kleinen Durchmesserunterschieden.	Q		
Fl	Vorsehen rotationssymmetrischer Körper ohne Werkstoffanhäufungen, sonst teilen und fügen.	Q		
Fl	Vermeiden scharfer Querschnittsänderungen, scharfer Kanten und Hohlkehlen.	Q		
Fl	Vermeiden von kleinen, langen oder seitlichen Bohrungen sowie von Gewinden.	Q		

Gestaltungsrichtlinien: Fertigungsgerechtes Biegen

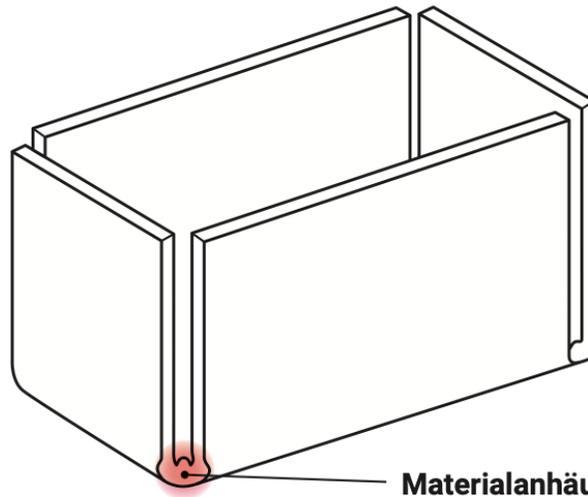
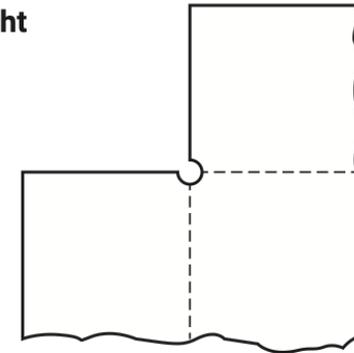
nicht fertigungsgerecht

Wulstentstehung am
Biegewinkel möglich

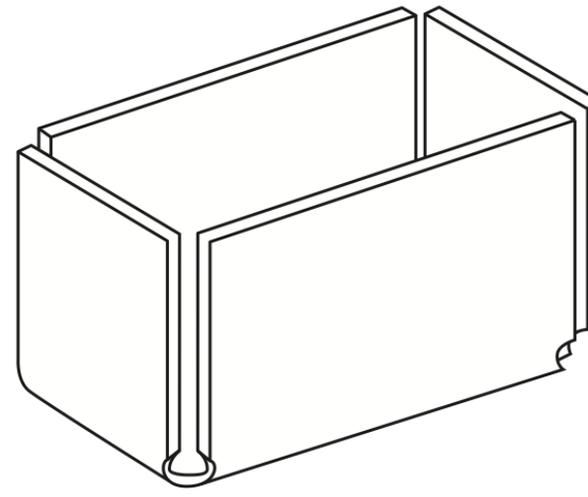


fertigungsgerecht

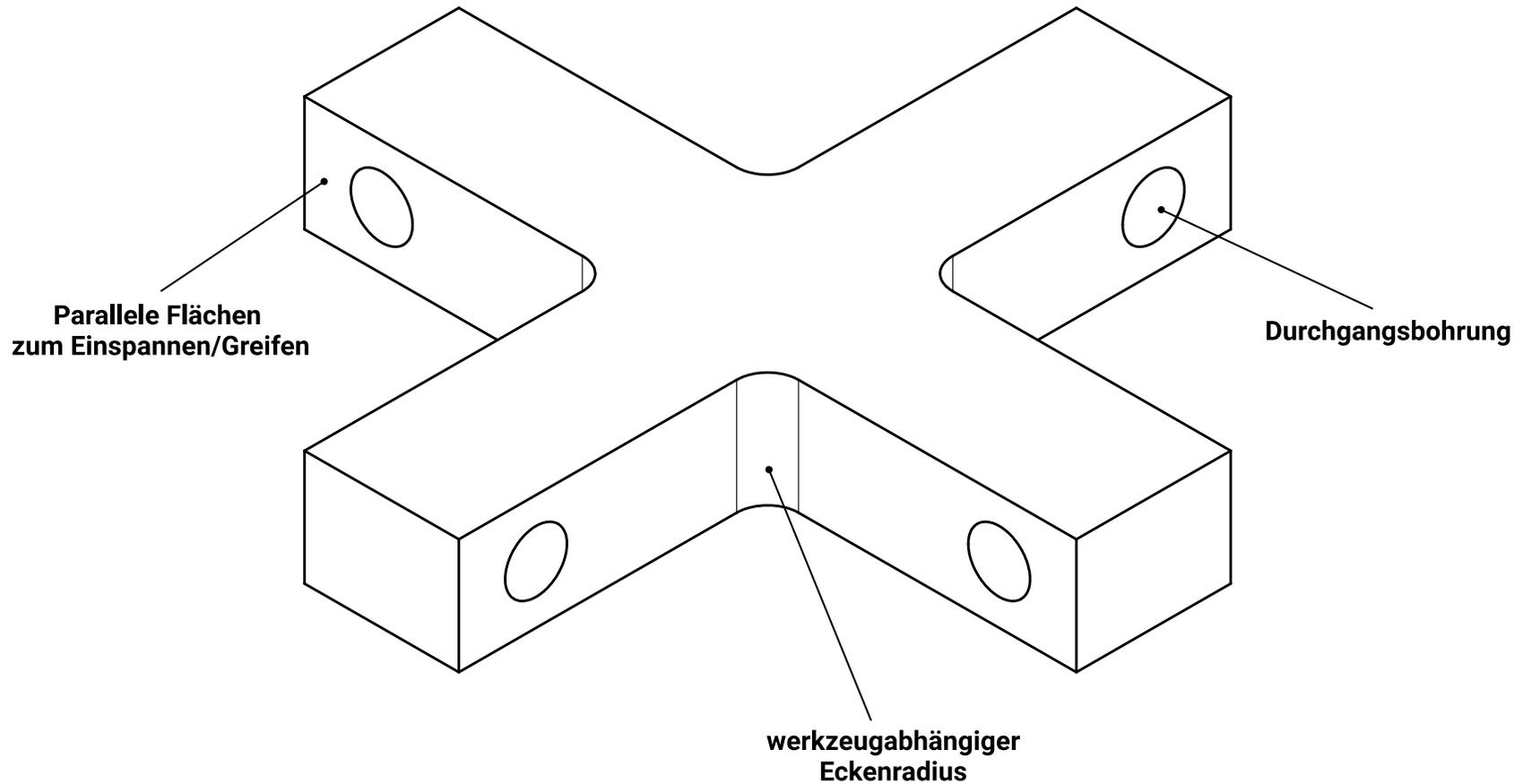
Freistellung am
Biegewinkel



Materialanhäufung (Wulst)

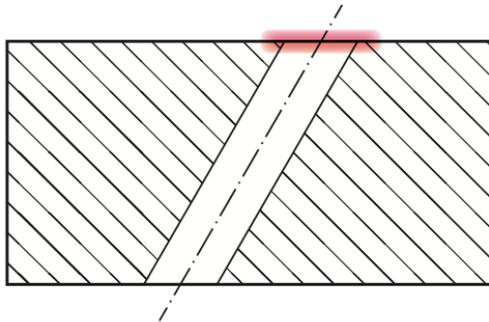


Gestaltungsrichtlinie: Trennen

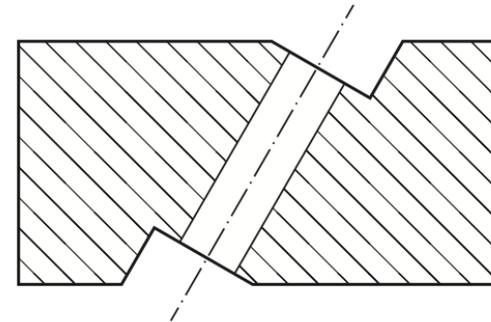


Gestaltungsrichtlinien: Fertigungsgerechtes Bohren

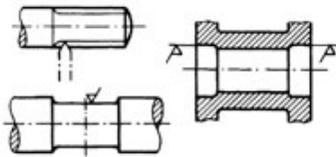
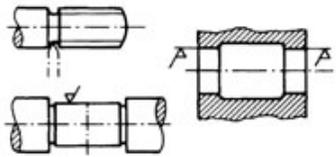
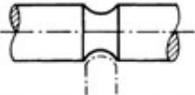
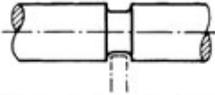
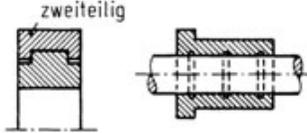
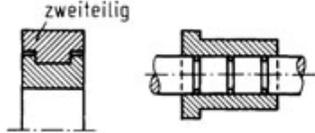
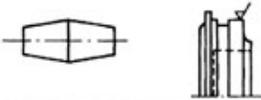
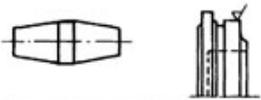
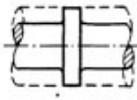
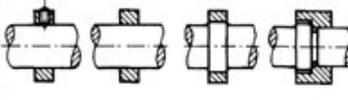
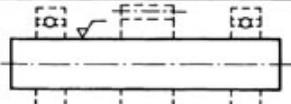
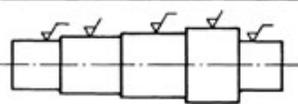
nicht fertigungsgerecht
Bohransatz an Schräge



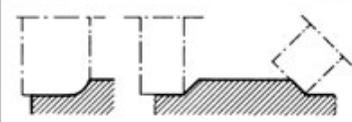
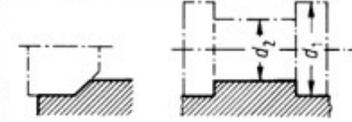
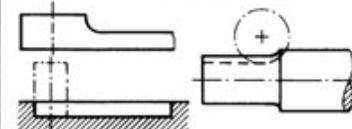
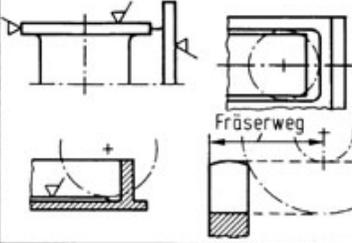
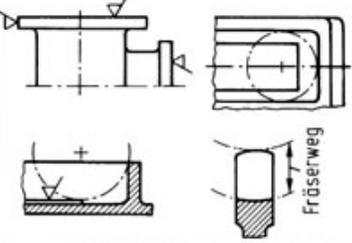
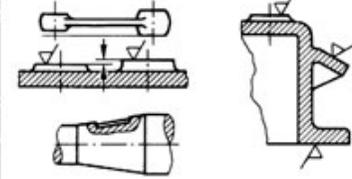
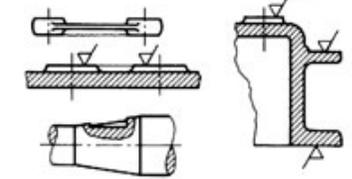
fertigungsgerecht
Aussparung für rechtwinkligen Bohrersatz



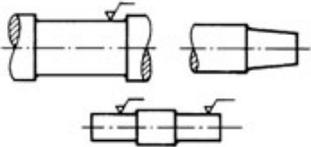
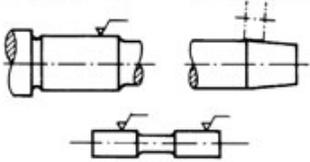
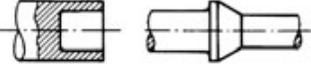
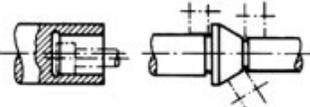
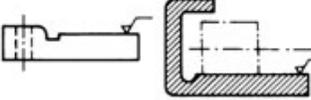
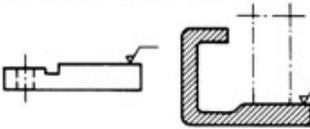
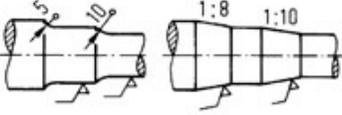
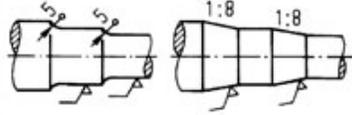
Gestaltungsrichtlinien: Fertigungsgerechtes Drehen

Verf.	Gestaltungsrichtlinien	Ziel	nicht fertigungsgerecht	fertigungsgerecht
We	Beachten des erforderlichen Werkzeugauslaufs.	Q		
We	Anstreben einfacher Formmeißel.	A		
We	Vermeiden von Nuten und engen Toleranzen bei Innenbearbeitung.	A Q		
We	Vorsehen ausreichender Spannmöglichkeiten.	Q		
Sp	Vermeiden großer Zerspanarbeit, z. B. durch hohe Wellenbunde, besser aufgesetzte Buchsen.	A		
Sp	Anpassen der Bearbeitungslängen und -güten an Funktion.	A		

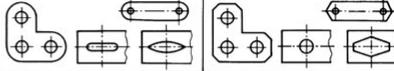
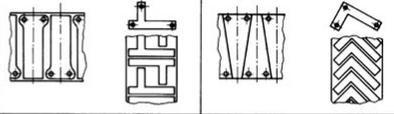
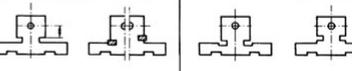
Gestaltungsrichtlinien: Fertigungsgerechtes Fräsen

Verf.	Gestaltungsrichtlinien	Ziel	nicht fertigungsgerecht	fertigungsgerecht
We	Anstreben gerader Fräsflächen, Formfräser teuer; Abmessungen so wählen, dass Satzfräser einsetzbar.	A		
We	Vorsehen auslaufender Nuten bei Scheibenfräsern; Scheibenfräsen billiger als Fingerfräsen.	A Q		
We	Anpassen des Werkzeugauslaufs an Fräserdurchmesser; Vermeiden von langen Fräserwegen durch Zulassen von gewölbten Bearbeitungsflächen (z. B. Schlitzen).	A		
Sp	Anordnen von Flächen in gleicher Höhe und parallel zur Aufspannung.	A Q		

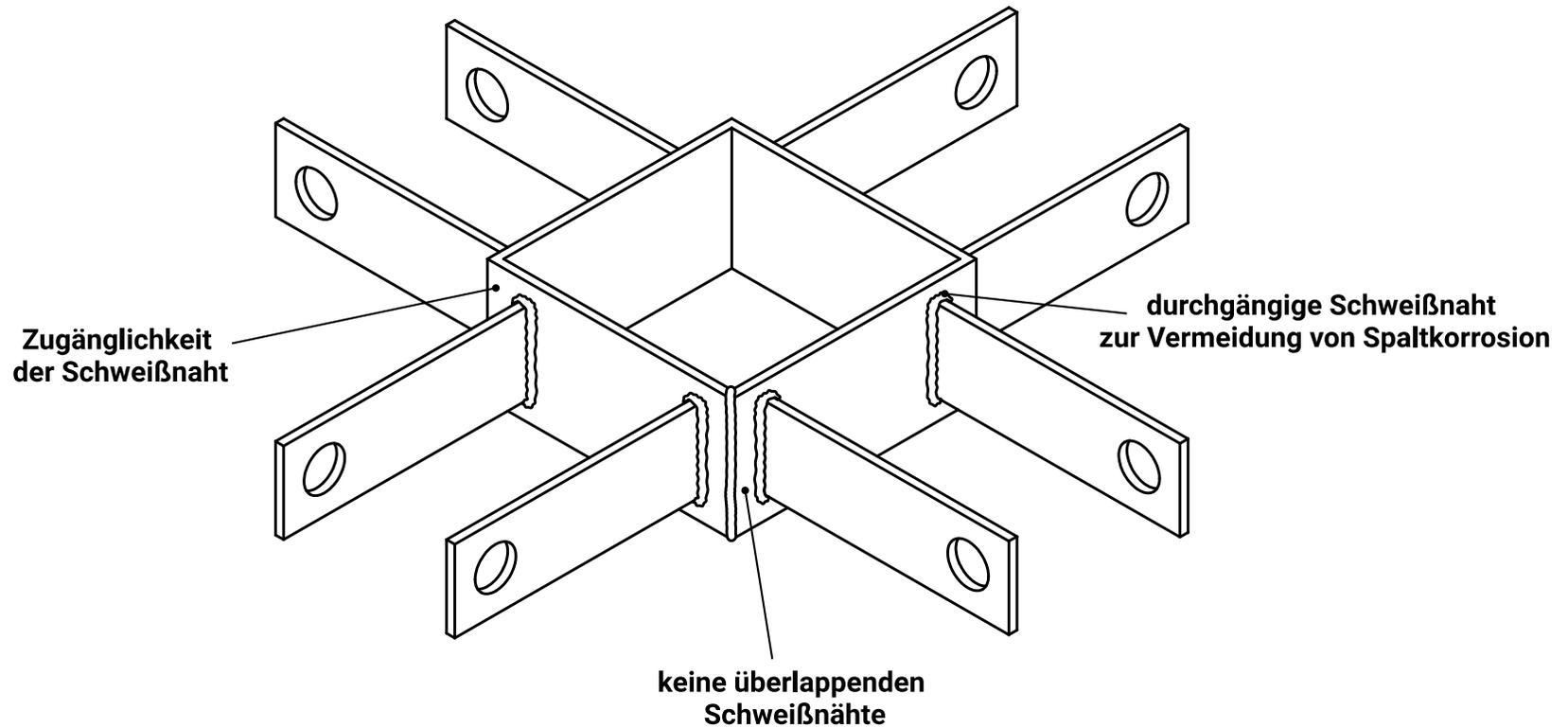
Gestaltungsrichtlinien: Fertigungsgerechtes Schleifen

Verf.	Gestaltungsrichtlinien	Ziel	nicht fertigungsgerecht	fertigungsgerecht
We	Vermeiden von Bundbegren- zungen.	Q A		
We	Vorsehen von Schleifscheiben- auslauf.	Q		
We	Anstreben unbehinderten Schleifens durch zweckmäßige Anordnung der Bearbeitungs- flächen.	A Q		
We Sp	Bevorzugen gleicher Ausrun- dungsradien (wenn kein Aus- lauf möglich) und Neigungen an einem Werkstück.	A Q		

Gestaltungsrichtlinien: Fertigungsgerechtes Schneiden

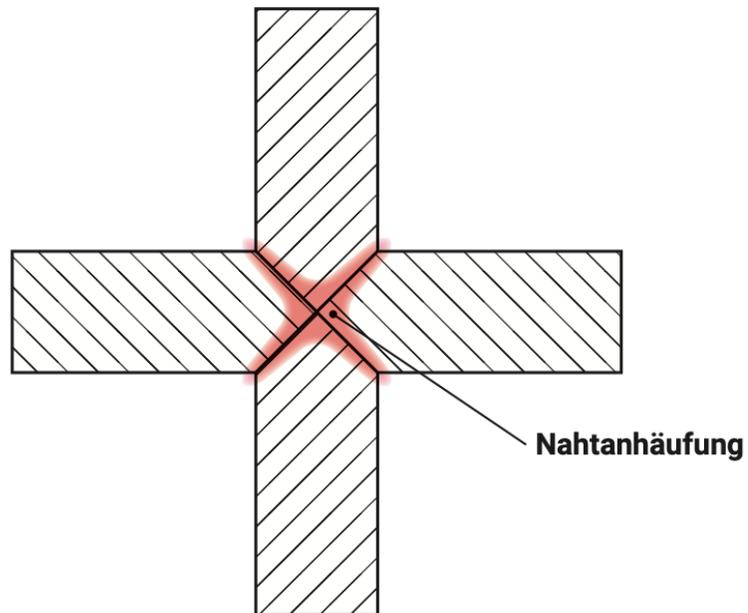
Verf.	Gestaltungsrichtlinien	Ziel	nicht fertigungsgerecht	fertigungsgerecht
We	Anstreben einfacher Schnittformen; Bevorzugen abgechrägter Ecken, Vermeiden von Rundungen.	A		
We	Anstreben gleicher Ausstanzungen	A		
We	Anstreben scharfkantiger Übergänge, um Aufteilung des Schneidstempels in einfache, gut schleifbare Querschnitte zu erleichtern.	A Q		
We	Vermeiden komplizierter Konturen	A Q		
We	Vermeiden zu dünner Stempel-ausführungen	A Q		
Sn	Vermeiden von Verschnitt (Abfall) durch Verschachteln zu Blechstreifen und Ausnutzen handelsüblicher Blechbreiten.	A		
Sn	Vermeiden spitzwinkliger Ausschnittformen und zu enger Toleranzen.	Q		
Sn	Bevorzugen von Werkstückformen, die bei Folgeschnitten gegen Schnittversatz nicht anfällig sind.	Q		
Sn	Vermeiden von zu engen Lochabständen	Q		

Gestaltungsrichtlinie: Fügen

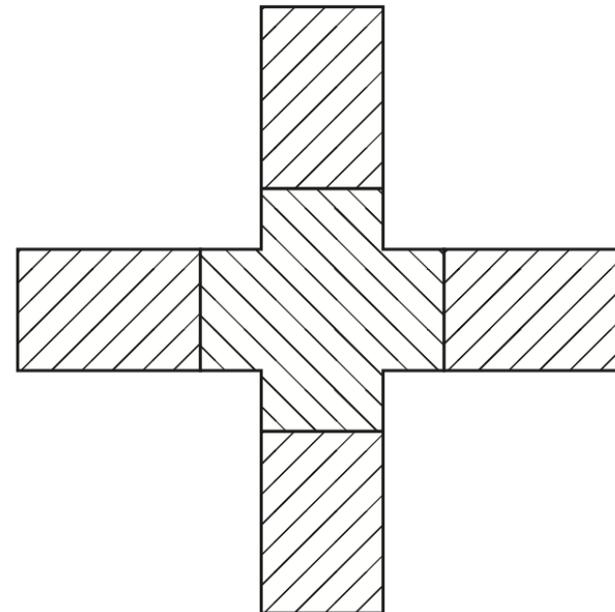


Gestaltungsrichtlinien: Fertigungsgerechtes Schweißen

nicht fertigungsgerecht
Nahtanhäufung aufgrund
zusammenstoßender Schweißnähte



fertigungsgerecht
Vermeidung von überlappenden
Schweißverbindungen



Phase III: Entwerfen

- **Phase III: Entwerfen**
 - **Gestaltungsrichtlinien**
 - Ausdehnungsgerecht
 - Kriech- und Relaxationsgerecht
 - Korrosionsgerecht
 - Ergonomiegerecht
 - Formgebungsgerecht
 - Fertigungsgerecht
 - **Montagegerecht**
 - Normgerecht
 - Recyclinggerecht

Montagegerecht

Unter dem Begriff Montage wird das **Zusammenfügen** von fertigen Einzelteilen und Komponenten zu Baugruppen verstanden.

Die Baugruppe kann das fertige Produkt oder eine Komponente davon sein.

Montagegerecht bedeutet, dass die Montage **eindeutig** und **sicher** möglich ist. Fehler bei der Montage können zur Funktionsbeeinträchtigung des Produktes und damit zur Unzufriedenheit des Kunden führen. Ebenso wichtig ist es, das Produkt so zu gestalten, dass die Montage **einfach** und damit wirtschaftlich erfolgen kann.

Einflussfaktoren auf die Produktentwicklung



Montagegerecht

Die Montage besteht aus den Schritten Speichern, Handhaben, Greifen, Positionieren, Fügen, Einstellen, Sichern und Kontrollieren.

- Speichern: stapelbare Werkstücke mit ausreichenden Auflageflächen
- Handhaben: Verwechseln ausschließen
- Greifen: Einwandfreies sicheres Ergreifen
- Positionieren: Symmetrie anstreben, wenn keine Vorzugslage gefordert
- Fügen: oft zu lösende Fügestellen sollten leicht zu lösen sein; Toleranzgerecht mit federnden Zwischenelementen; Einfügen erleichtern
- Einstellen: feinfühliges, reproduzierbares Einstellen
- Sichern: selbstsichernde Verbindungen oder form- bzw. stoffschlüssige Zusatzsicherungen
- Kontrollieren: Messen der funktionsbedingten Forderungen ermöglichen

Montagegerecht

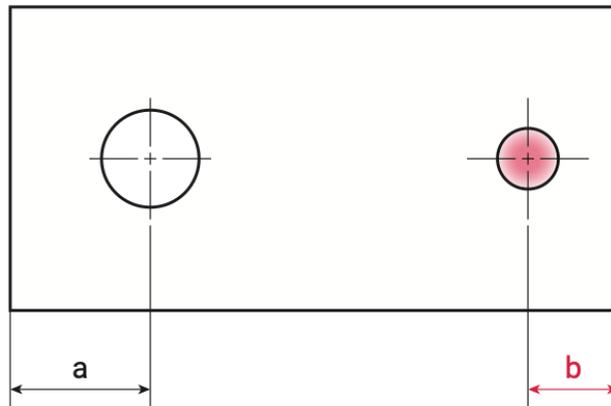
Gestaltungsrichtlinien

- einheitliche Montagearten - eine einmal gewählte Montagerichtung (horizontal oder vertikal) beibehalten. Dieses erleichtert die Kontrollmöglichkeit während der Montage.
- wenige, einfache und zwangsläufige Montageoperationen. Integralbauweise reduziert die Anzahl der Montageschritte und damit auch mögliche Montagefehler
- Eindeutige Einbaulage des Bauteils, eindeutige Gestaltmerkmale vorsehen. Bauteil entweder völlig symmetrisch oder deutlich asymmetrisch gestalten
- Bauteile müssen bevorratet bzw. gespeichert und zum Montageort gefördert werden können
- Montage vereinheitlichen, parallele Montagen von Baugruppen anstreben
- Zugänglichkeit der Fügestelle gewährleisten

Gestaltungsrichtlinien: Montagegerechte Bohrung

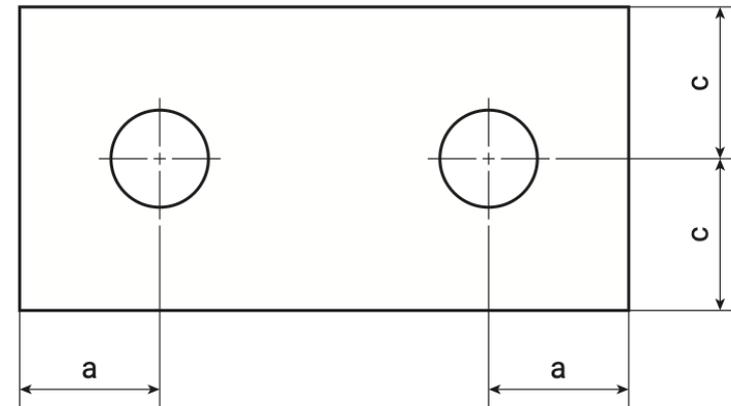
Problemstellung

unterschiedlich große Bohrungen können
Werkzeugwechsel erfordern, asymmetrische Abstände
erschweren die Lageerkennung



montagegerechte Verbesserung

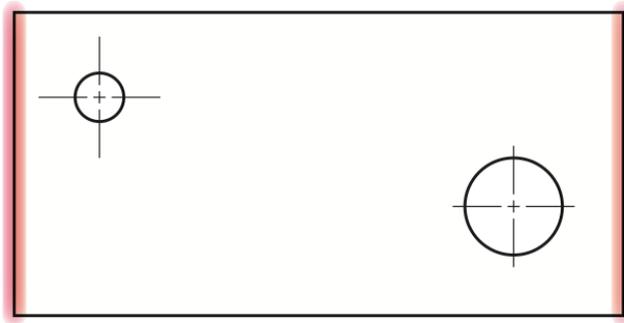
symmetrische Anordnung gleichartiger Bohrungen
vermeiden Werkzeugwechsel
und vereinfachen die Lageerkennung



Gestaltungsrichtlinien: Montagegerechtes Formmerkmal

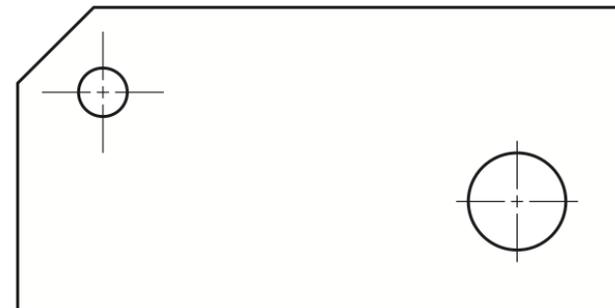
Problemstellung

erschwerte Lageerkennung bei asymmetrischen Teilen
mit außersymmetrischer Form



montagegerechte Verbesserung

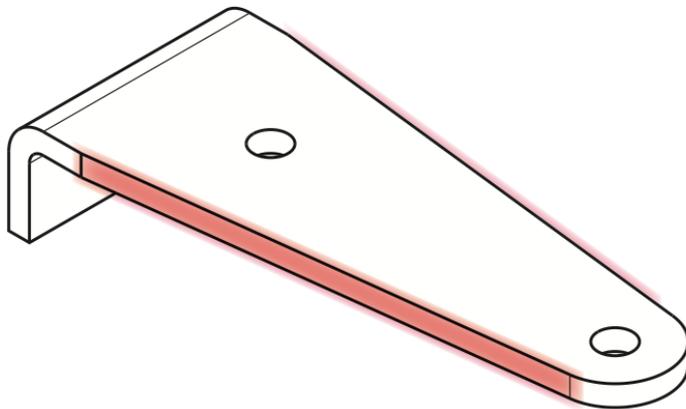
äußeres Formmerkmal für
eindeutige Lageerkennung



Gestaltungsrichtlinien: Montagegerechte Greifflächen

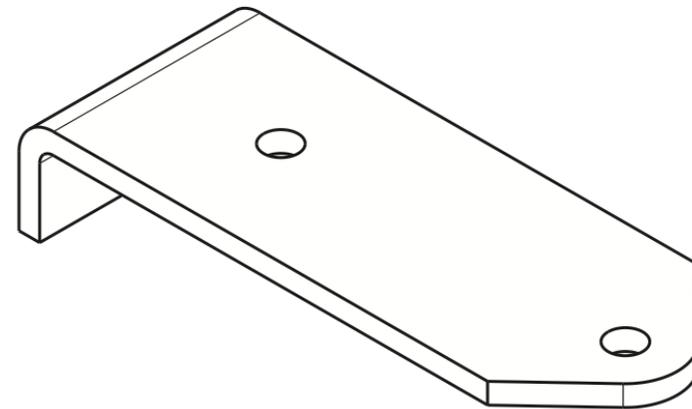
Problemstellung

Einspannen oder maschinelles Greifen durch
konische Form erschwert



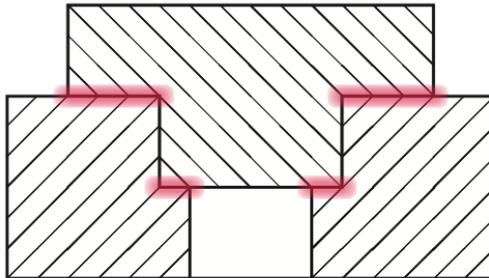
montagegerechte Verbesserung

parallele Flächen zum Einspannen
oder automatischen Greifen

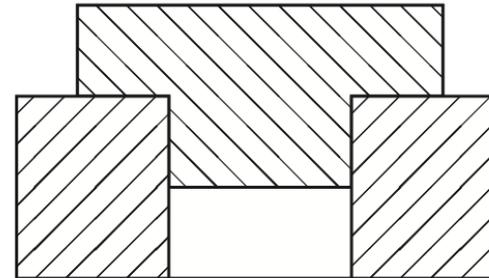


Gestaltungsrichtlinien: Montagegerechte Positionierung

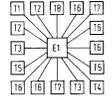
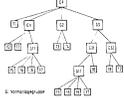
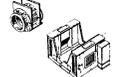
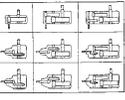
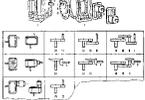
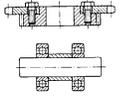
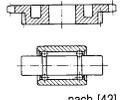
Problemstellung
Doppelpassung



montagegerechte Verbesserung
eindeutige Positionierung



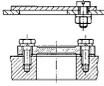
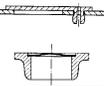
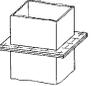
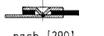
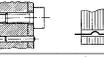
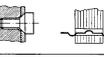
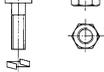
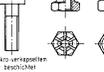
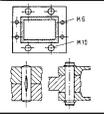
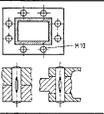
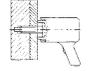
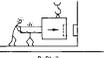
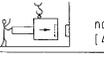
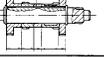
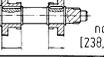
Gestaltungsrichtlinien zur montagegerechten Baustruktur, Teil 1

Oper.	Gestaltungsrichtlinien	Art	nicht montagegerecht	montagegerecht
Gliedern der Montageoperationen				
Sp Ha Po Fü Ei Si Ko	Gliedern in Baugruppen zum Ermöglichen von Montagestufen mit Vor- und Endmontage	MM AM		
Ha Ko	Gliedern in unabhängige Montagegruppen, z. B. zur Parallelmontage	MM AM		
Fü	Vermeiden von Fertigungsoperationen innerhalb des Montageablaufs	MM AM		
Fü Ei Ko	Strukturieren eines Varianten-Produktprogramms so, dass Variantenbildung möglichst spät auf gleichen Montageplätzen erfolgt	AM		
Ko	Montagegruppen getrennt prüfbar, vor allem bei Variantenkonstruktionen	MM AM	Auswuchten in der Gesamtmaschine	Auswuchten des Rotors allein
Ko	Anstreben von Funktionsprüfungen für Montagegruppen oder Produkt ohne Einzelteilprüfung	MM AM	Verzahnungsmessung an Einzelrädern Komponenten-Dichtheitsprobe	Geräuschmessung am Gesamtgetriebe Rohrnetz-Dichtheitsprobe
Reduzieren der Montageoperationen				
Sp Ha Po Fü Ei Si Ko	Zusammenfassen von Teilen durch Integral- und Verbundbauweise	MM AM		

Gestaltungsrichtlinien zur montagegerechten Baustruktur, Teil 2

Oper.	Gestaltungsrichtlinien	Art	nicht montagegerecht	montagegerecht
Reduzieren der Montageoperationen				
Sp Ha Po Fü Ei Si Ko	Weglassen von Teilen durch Funktionsintegration	MM AM		 nach [42]
Fü	Zeitliches Zusammenfassen von Montageoperationen	AM		
Fü Ei Si	Verringern von Fügestellen bzw. Fügeflächen	MM AM		
Ei Si Ko	Vermeiden von Demontagen für Funktionsprüfungen bereits montierter Gruppen oder Produkte	MM AM	 Luftspaltmessung nicht möglich	 Luftspaltmessung direkt möglich
Vereinheitlichen der Montageoperationen				
Po Fü Ko	Vorsehen eines Basisteils je Montagegruppe, z. B. zur Schachtelbauweise	AM		 nach [145]
Fü	Anstreben einheitlicher Fügerichtungen und -verfahren für eine Montagegruppe	AM		 nach [145]
Vereinfachen der Montageoperationen				
Po Fü Ei Si Ko	Vorsehen zwangsläufiger Montageoperationen (eindeutige Montagefolge)	MM	 oder: 4 3 2 1	
Fü	Zusammenfassen von Fertigungs- und Montageoperationen	MM AM		
Ei Ko	Gute Zugänglichkeit für Prüfungen, Ermöglichen von Sichtkontrollen	MM AM		

Gestaltungsrichtlinien für montagegerechte Fügestellen, Teil 1

Oper.	Gestaltungsrichtlinien	Art	nicht montagegerecht	montagegerecht
Reduzieren der Fügestellen				
Sp Ha Fü Ei Si	Reduzieren der Verbindungselemente, z. B. durch Klemm- und Schnappverbindungen	MM AM		
Sp Ha Fü	Reduzieren der Verbindungselemente durch spezielle Verbindungselemente	MM AM		 nach [238, 258, 289]
Sp Fü Si	Anstreben unmittelbarer Verbindungen ohne Verbindungselemente	MM AM		 nach [289]
Po	Anstreben selbsttätigen Ausrichtens und Positionierens	AM		
Si	Bevorzugen selbstsichernder Verbindungselemente, z. B. durch elastisch-plastische Verformung	AM		 mit Mikro-Verformungen Kanten: beschichtbar
Vereinheitlichen der Fügestellen				
Sp Ha Fü	Verwenden gleicher Verbindungselemente, ggf. auch für unterschiedliche Funktionen	MM AM		
Vereinfachen der Fügestellen				
Sp Ha	Bevorzugen von Verbindungselementen, die sich aufzurufen oder als Fließgut führen lassen	AM		
Ha Fü	Erleichtern von Handhabungs- u. Fügebewegungen, z. B. durch Schwerpunktunterstützung	MM AM		 nach [42]
Po Fü	Vermeiden von eng tolerierten Maßketten durch Auflösen der Maßkette	MM AM		 nach [238, 258]

Gestaltungsrichtlinien für montagegerechte Fügestellen, Teil 2

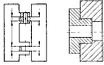
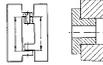
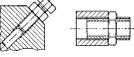
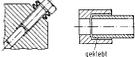
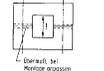
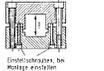
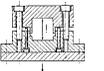
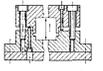
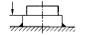
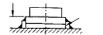
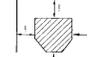
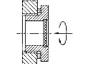
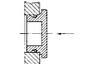
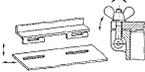
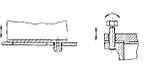
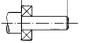
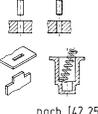
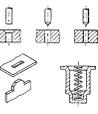
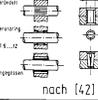
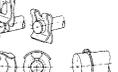
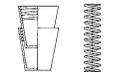
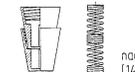
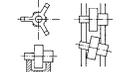
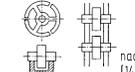
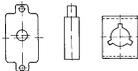
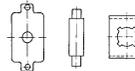
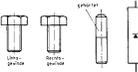
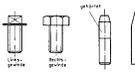
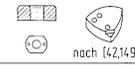
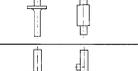
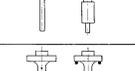
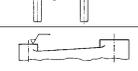
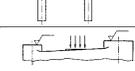
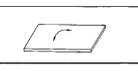
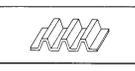
Oper.	Gestaltungsrichtlinien	Art	nicht montagegerecht	montagegerecht
Vereinfachen der Fügestellen				
Po Fü	Vermeiden von Doppelpassungen zur eindeutigen Positionierung und zur Verringerung der Maßtolerierung	MM AM		
Po Ei	Bevorzugen einfacher Einstellmöglichkeiten oder Vorsehen von Positionierschlägen	MM AM		
Po Ei	Vorsehen kontinuierlicher Einstellmöglichkeiten	MM AM		
Po Ei	Anstreben zugänglicher Einstellmöglichkeiten ohne Demontage anderer Teile	MM AM		
Po Ei	Ausgleichen von Toleranzen durch spezielle Ausgleichsteile	MM		
Po Ei Ko	Vorsehen von Bezugsflächen, -kanten und -punkten	MM AM		
Po Ei Ko	Anstreben eindeutiger Einstelloperationen ohne gegenseitige Beeinflussung	MM AM		
Fü	Bevorzugen translatorischer Fügebewegungen	AM		
Fü	Vermeiden mehrachsiger, insb. gekrümmter Fügebewegungen	AM		
Fü	Vermeiden langer Fügewege	MM AM		

Bild 7.125-2.

Gestaltungsrichtlinien für montagegerechte Fügestellen, Teil 3

Oper.	Gestaltungsrichtlinien	Art	nicht montagegerecht	montagegerecht
Vereinfachen der Fügestellen				
Fü	Vermeiden von Bewegungsbehinderungen durch Luftpolster	MM AM		
Fü	Vorsehen von Fügeerleichterungen durch Einführschrägen	MM AM	 nach [42, 258]	
Fü	Auflösen großer Fügeflächen in mehrere kleine Flächen	MM AM		 nach [238, 258]
Fü Ei	Vermeiden gleichzeitiger Fügeoperationen mit gegenseitiger Beeinflussung	MM AM		 nach [42]
Fü Ei	Gewährleisten guter Zugänglichkeit für Montagewerkzeuge	MM AM		
Fü Ei Si	Bevorzugen von Verbindungselementen mit elastischem, elastisch-plastischem oder stafflichem Toleranzausgleich	MM AM		 nach [42]
Fü Si	Ermöglichen grabtolerierter Montageteile durch deren Nachgiebigkeit	MM AM		
Ei	Anpassen durch standardisierte Passteile ohne Demontage	MM AM		
Si	Anwenden einfach montierbarer Sicherungselemente	AM		

Gestaltungsrichtlinien für montagegerechte Fügeteile

Oper.	Gestaltungsrichtlinien	Art	nicht montagegerecht	montagegerecht
Ermöglichen u. Vereinfachen des automatischen Speicherns u. Handhabens				
Sp	Bevorzugen von lagestabilen Fügeteilen	AM		
Sp	Vermeiden von Verklemmungen gleicher Fügeteile	MM AM		 nach [149]
Sp Ha	Anstreben rollfähiger Fügeteile	AM		 nach [143]
Ha	Anstreben symmetrischer Konturen, wenn keine Vorzugslage erforderlich ist	AM		
Ha	Anstreben geometrischer Erkennungsmerkmale	AM		
Ha	Bevorzugen von Erkennungsmerkmalen an Außenkonturen	AM		 nach [42,149]
Ha	Vermeiden von Fastsymmetrien bei erforderlicher Vorzugslage	AM		
Ha	Erleichtern der Handhabung durch hängefähige Fügeteile und schwerpunktbedingte Vorzugslage	AM		
Ha	Vorsehen von Greifhilfen und -flächen außerhalb von Funktionsflächen	MM AM		
Ha	Anordnen von Greifflächen in Schwerpunktlage	MM AM		
Ha	Anstreben formstabiler Fügeteile	MM AM		

Phase III: Entwerfen

- **Phase III: Entwerfen**
 - **Gestaltungsrichtlinien**
 - Ausdehnungsgerecht
 - Kriech- und Relaxationsgerecht
 - Korrosionsgerecht
 - Ergonomiegerecht
 - Formgebungsgerecht
 - Fertigungsgerecht
 - Montagegerecht
 - **Normgerecht**
 - Recyclinggerecht

Normgerecht

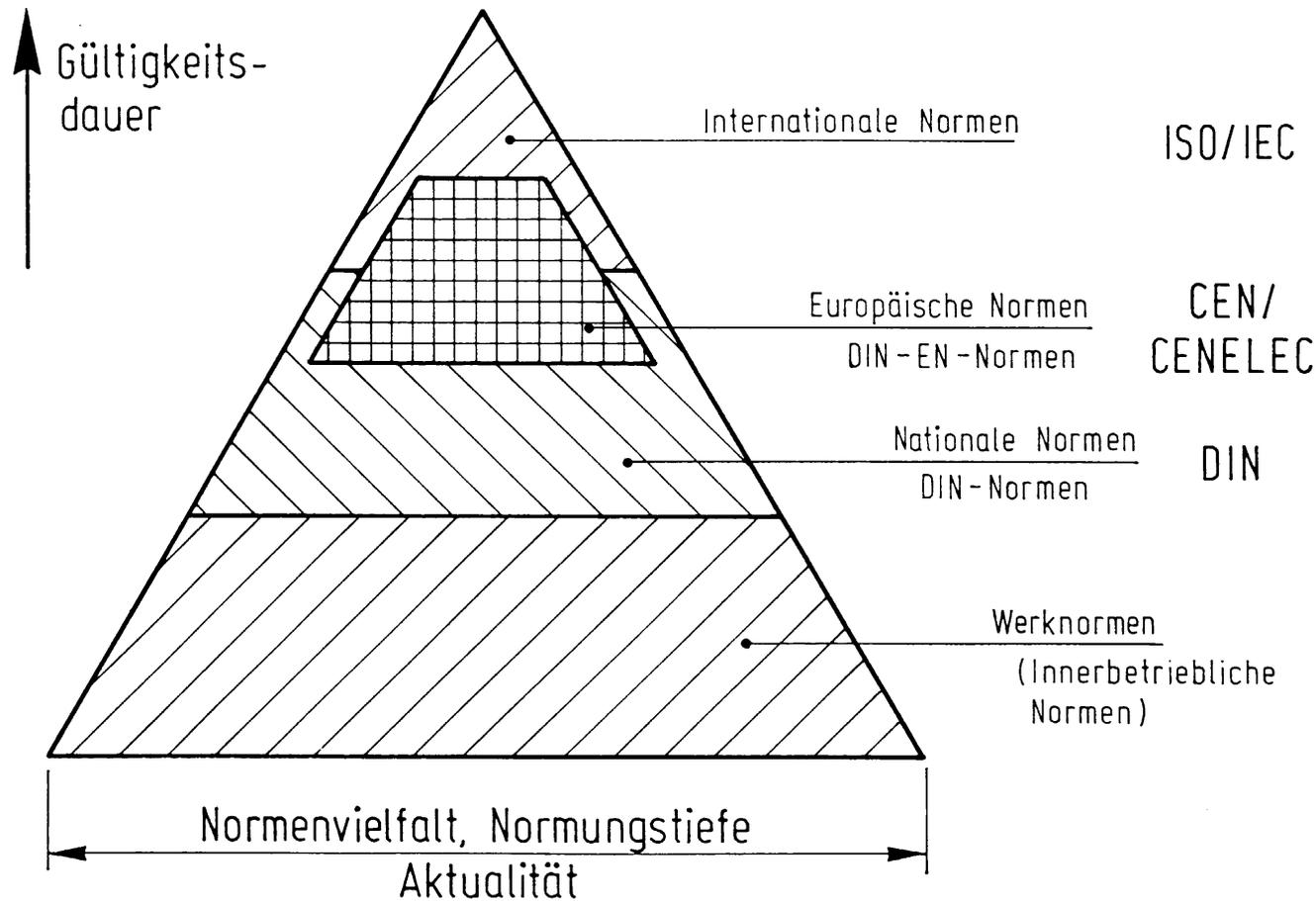
Zielsetzung der Normung ist, dass bewährte Lösungen für weitere Aufgabenstellungen verwendet werden und der Konstruktionsprozess dadurch verkürzt werden kann.

Normung ist der Oberbegriff für das **Vereinheitlichen** und Festlegen von Lösungen in allgemeinzugänglichen Vorschriften, wie z. B. in Normen des Deutschen Instituts für Normung (DIN), in Normen der International Organization for Standardization (ISO) sowie in Werksnormen

Normenarten

DIN; VDI; EN; ISO; CEN

Zuordnung von Normen in Anlehnung an DIN



Phase III: Entwerfen

- **Phase III: Entwerfen**
 - **Gestaltungsrichtlinien**
 - Ausdehnungsgerecht
 - Kriech- und Relaxationsgerecht
 - Korrosionsgerecht
 - Ergonomiegerecht
 - Formgebungsgerecht
 - Fertigungsgerecht
 - Montagegerecht
 - Normgerecht
 - **Recyclinggerecht**

Recyclinggerecht

Zielsetzungen: Einsparung von Rohstoffen

- verringerter Stoffeinsatz
- Substitution von Werkstoffen
- Produktionsabfallrecycling (Stanzabfälle)
- Recycling während des Produktionsgebrauchs (Austauschmotoren)
- Altstoff-Recycling (Autoschrott)

Recyclinggerecht

Innerhalb der Recycling-Kreisläufe sind verschiedene **Recyclingformen** möglich:

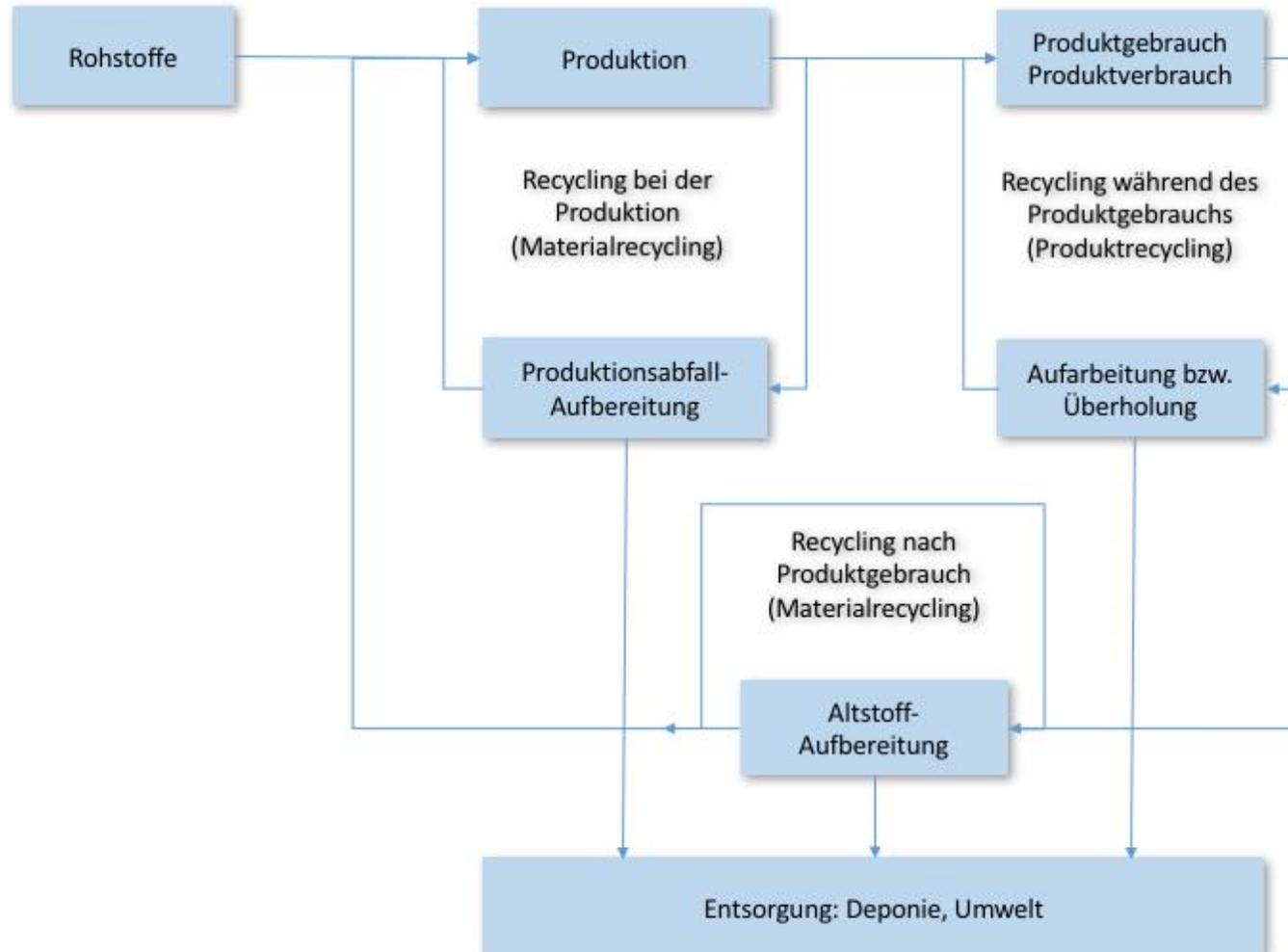
- **Wiederverwendung:** das Produkt wird für die gleiche Aufgabe nochmals verwendet, z. B. das nochmalige Befüllen einer Gasflasche
- **Wiederverwertung:** das Produkt wird in seiner Form aufgelöst und für das gleiche Produkt nochmals als Rohstoff verwendet, z. B. Autoschrottverwertung
- **Weiterverwendung:** das Produkt wird für eine andere Aufgabe genutzt, z. B. die Nutzung eines ausrangierten Autoreifens für eine Schaukel
- **Weiterverwertung:** das Produkt wird in seinem Verbund aufgelöst und für eine andere Aufgabe genutzt, z. B. die Verwertung von Kunststoff für Kosmetika

Recyclinggerecht

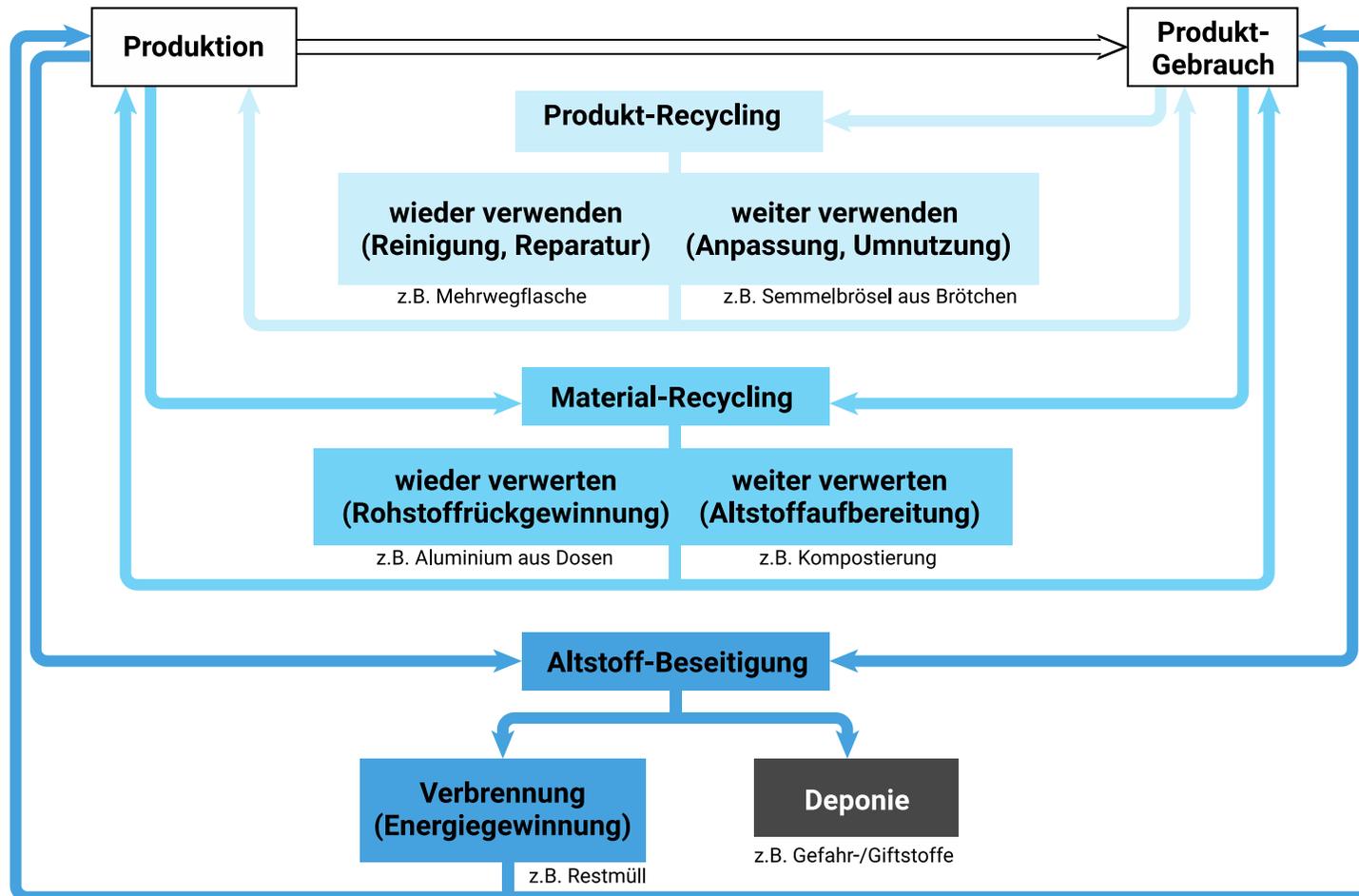
Innerhalb der Recycling-Kreisläufe sind verschiedene **Recyclingformen** möglich:

- **Wiederverwendung:** das Produkt wird für die gleiche Aufgabe nochmals verwendet, z. B. das nochmalige **Befüllen einer Gasflasche**
- **Wiederverwertung:** das Produkt wird in seiner Form aufgelöst und für das gleiche Produkt nochmals als **Rohstoff** verwendet, z. B. Autoschrottverwertung
- **Weiterverwendung:** das Produkt wird für eine andere Aufgabe genutzt, z. B. die Nutzung eines ausrangierten Autoreifens für eine **Schaukel**
- **Weiterverwertung:** das Produkt wird in seinem Verbund aufgelöst und für eine andere Aufgabe genutzt, z. B. die Verwertung von Kunststoff für **Kosmetika**

Produkt-Recycling



Produkt-Recycling



Recyclinggerecht

Konstruktive Maßnahmen

Die Recycling-Möglichkeit eines Produktes hängt ab von

- Konstruktion (Geometrie)
- Herstellung (Fertigung, Montage, Demontage)
- Material

weitere Punkte:

- auf Werkstoffverträglichkeit bei untrennbarer Einheit achten -> Schmelze
- Altstoffgruppen verwenden
- Fügestellen für Werkstofftrennung vorsehen -> Demontage unverträglicher Werkstoffe
- Hochwertige Werkstoffe besonders zerlegungsgerecht anordnen
- Gefährliche Stoffe abtrennbar bzw. entleerbar anordnen
- Kennzeichnung der Recycling- bzw. Verwertungseignung

Bewertungskriterien für Produkt- und Materialrecycling

Produktrecycling

funktionsorientierte Produktstruktur
Baukastenstruktur
Komplexität
Vordemontierbarkeit
Demontierbarkeit (vgl. Materialrecycling)
zerstörungsfreie Demontierbarkeit
Reinigungsmöglichkeit
Prüfbarkeit
Identifizierbarkeit
Sortierbarkeit
Nachbearbeitbarkeit
Wiedermontierbarkeit
Austauschbarkeit
 hochrüstrelevanter Bauteile
Verschleißerkennung
Verwendung von Normkomponenten
Automatisierbarkeit der Arbeitsschritte

Materialrecycling

Demontierbarkeit:
Zahl der Demontageoperationen
Zahl der Demontagerichtungen
Zahl unterschiedlicher Demontageoperationen
Zahl der Verbindungselemente
Zahl unterschiedlicher Verbindungselemente
Zugänglichkeit
Automatisierbarkeit der Demontage
Löse-/Trennenergie
Aufwand an Vorrichtungen
Zahl notwendiger Demontagewerkzeuge

Trennbarkeit:
Zahl und Aufwand notwendiger
Trennverfahrensschritte
Zahl und Aufwand notwendiger
 Sonderbehandlungsschritte
Werkstofferkennungsmöglichkeit
Zahl zu trennender Werkstoffe
Zahl nichtverwertbarer Werkstoffe

Verwertbarkeit:
Wiederverwertung
Weiterverwertung
notwendige Verwertungsprozesse
gezielte Aufwertungsmöglichkeit
Rückgewinnungsgrad
Qualitätsminderung
Verschmutzungsgrad